La gestion des opérations et de la logistique : méthodes et principes fondamentaux

2e édition

Hélène Giroux
avec Claire Poitras et Véronique Poirier



La gestion des opérations et de la logistique : méthodes et principes fondamentaux – 2e édition

Hélène Giroux

Catalogage avant publication de Bibliothèque et Archives nationales du Québec et Bibliothèque et Archives Canada

Hélène Giroux

La gestion des opérations et de la logistique : méthodes et principes fondamentaux

ISBN 978-2-89799-067-1

1. Production – Gestion. 2. Logistique (Organisation). I. Poitras, Claire II. Poirier, Véronique III. Titre.

TS155.G57 658.5 C2014-941163-4

Les Éditions JFD
CP 15 Succ. Rosemont
Montréal (Québec)
H1X 3B6
Téléphone : 514-999-4483
Courriel : info@editionsjfd.com
www.editionsjfd.com

ISBN : 978-2-89799-067-1
Dépôt légal : 3e trimestre 2019
Bibliothèque et Archives nationales du Québec
Bibliothèque et Archives Canada

Imprimé au Canada



À la mémoire de mon frère Luc, un excellent professeur

À nos familles

Remerciements

Rédiger un manuel de base en gestion, c'est d'abord puiser dans les connaissances que nous avons nous-mêmes accumulées au fil des années, des lectures, des cours suivis et donnés, des interventions des étudiants et de notre propre expérience pratique des organisations. Mis à part les exercices et les cas, nous n'avons rien inventé de ce qui est écrit dans cet ouvrage; nous n'avons que remanié et reformulé ce qu'on peut considérer comme le répertoire commun des savoirs en matière de gestion des opérations et de la logistique. Pour alléger le texte, nous nous sommes permis de ne pas citer les auteurs à l'origine de tous les concepts, méthodes et outils qui sont présentés. Les nombreux ouvrages que nous avons consultés sont toutefois répertoriés dans la section *Bibliographie et lectures suggérées*. Nos premiers remerciements s'adressent donc à tous les chercheurs, professeurs et praticiens qui ont fait du champ de la GOL ce qu'il est aujourd'hui.

Plus près de nous, d'autres spécialistes de la GOL ont eu la gentillesse, malgré leur horaire chargé, de relire les différents chapitres de ce livre et d'en valider le contenu. Nous remercions chaleureusement les professeurs Sylvain Landry, Michel Cloutier, Jean-François Cordeau, Raf Jans, Julie Paquette, Federico Pasin, Claudia Rebolledo et Jacques Roy, tous du Département de la gestion des opérations et de la logistique de HEC Montréal. Merci également à Fatma-Khadija Ben Mustapha, à Maricela Arellano-Caro et à Suzanne Goulet pour l'aide qu'elles nous ont apportée.

Écrire un tel ouvrage demande du temps. L'auteure principale n'aurait pas pu y consacrer près d'une année à temps complet sans le soutien indéfectible de la direction de HEC Montréal, laquelle a également accepté de financer la traduction du livre, qui paraîtra bientôt en anglais. Une telle générosité reflète bien la place centrale qu'occupe l'enseignement dans la mission de cette institution québécoise, à laquelle nous sommes fières d'appartenir.

Enfin, nous tenons à remercier toute l'équipe des Éditions JFD, qui a encadré ce projet et l'a mené à bien dans un délai serré. Mille mercis à Jean-François Déry pour sa patience, son ouverture et sa gentillesse.

Hélène Giroux
Claire Poitras
Véronique Poirier

Préface de Jean Harvey

Avez-vous récemment été mystifié par un processus qui tout en produisant un résultat impressionnant vous a séduit par sa simplicité? Je le suis régulièrement. Pensez au réparateur d'ordinateur qui se présente à la porte de votre domicile la journée même de l'appel, avec les bons outils, les bonnes pièces, et l'expérience requise pour résoudre ce qui, quelques minutes plus tôt, vous semblait une catastrophe insurmontable. Pensez à ce livre qui vous est livré instantanément et sans effort quelques secondes après avoir décidé d'en faire l'achat. Pensez… Je sais. Cette brève exploration de vos souvenirs s'avère plus pénible que prévu! Le parcours mental qui vous mène vers le souvenir d'un processus impressionnant est jonché de processus imparfaits, voire ineptes, et le résidu mental de ces expériences est souvent d'une évocation douloureuse. L'excellence opérationnelle n'est pas à la portée de tous et l'ineptie est, hélas, monnaie courante.

Les wagons de métro livrés récemment à la RATP à Paris sont trop larges (sic) et ne peuvent entrer dans certaines stations. Il y a quelques années on a constaté lors de l'assemblage de deux parties de la carlingue du futur A380 d'Airbus qu'il était impossible de joindre le câblage des deux unités parce qu'il manquait quelques centimètres. Plus près de nous, il suffit d'évoquer la saga du toit du stade olympique et le fiasco de l'aéroport de Mirabel pour comprendre que tout effort consacré à l'amélioration de la gestion des opérations constitue un bon investissement, tant dans le secteur public que dans le privé, tant dans la fabrication que dans les services.

L'excellence dans toute discipline repose sur la maîtrise des notions de base. Il va de même de l'excellence opérationnelle. Si vous vous êtes procuré ce livre dans cette optique, vous avez franchi un premier pas important et vous êtes sur la bonne piste. Dans un style fluide et accessible, agrémenté de moult illustrations et diagrammes, la professeure Giroux vous présentera d'abord une vue d'ensemble de cette discipline méconnue et mésestimée qui constitue le secret bien gardé de toute entreprise à succès. Elle vous montrera ensuite que sans une bonne prévision de la demande (pensez à Mirabel), l'entreprise est condamnée à l'un ou l'autre de deux désastres : la surcapacité qui immobilise votre capital et augmente vos coûts, et la sous-capacité qui vous empêche de respecter vos promesses et prive l'entreprise de ces profits qui constituent son souffle de vie. Vous comprendrez ensuite le rôle déterminant des stocks tant dans le conditionnement des flux de biens et services que dans les flux financiers qui y sont étroitement reliés.

Une heure de planification en amont vous évitera des jours, voire des semaines de réajustements constants, ainsi que les paniques de fin de mois désastreuses pour les clients, les actionnaires, et la qualité de vie au travail des employés. La planification globale et l'ordonnancement rigoureux de la production et des opérations permettent à l'orchestre qu'est votre entreprise de produire une symphonie, plutôt que les cacophonies évoquées précédemment. Comme la performance impeccable du premier violon est fondée sur des heures de pratique et sur une discipline sans faille, la maîtrise de la prévision des ventes, de la gestion des stocks, de la planification globale et de l'ordonnancement requiert une compréhension profonde des variables en jeu et de leurs interrelations, la maîtrise de la technique, et la rigueur dans l'exécution. Les nombreux exercices présentés dans cet ouvrage vous guideront vers l'acquisition des connaissances et du savoir-faire qui constituent les fondements de cette discipline.

Dans le fascinant monde globalisé et de haute technicité dans lequel nous évoluons, la production de biens et services est une œuvre collective, impliquant l'action coordonnée d'une multitude d'entreprises possédant des capacités, moyens, et expertises complémentaires, et évoluant dans moult environnements physiques, sociaux, culturels, et légaux. La chaîne d'approvisionnement du iPhone™ par exemple, implique une vingtaine

de pays, dont la Chine, le Japon, et l'Allemagne au chapitre des pays développés, et le Vietnam, les Philippines, et la Malaisie au chapitre des pays en développement. Les défis que posent la conception et la gestion concurrentielle d'une telle chaîne, jour après jour, sont de nature à mobiliser pleinement les capacités des meilleurs cerveaux dont nous disposons.

On a trop souvent tendance à attribuer les innovations qui nous fascinent au seul progrès technologique. Sans un changement de processus, l'utilisation d'une nouvelle technologie en lieu et place de l'ancienne technologie produit des résultats décevants. Si les premiers robots utilisés dans les chaînes de montage ont soulagé les employés de tâches difficiles ou dangereuses, ils n'ont guère contribué à augmenter la productivité. La conception d'usines entièrement repensées en fonction de la tâche concurrentielle de l'usine et du potentiel lde ces technologies a permis la réalisation éventuelle de sauts qualitatifs à cet égard. Ainsi, c'est le processus de réseau en étoile (« hub and spoke ») qui a révolutionné le transport aérien, et a entre autres permis à Fedex de faire une entrée spectaculaire dans le marché du transport des colis que l'on pensait à maturité. L'innovation processus et l'exécution sans faille sont à la base de ces grandes avancées. Elles reposent sur une compréhension profonde des processus, laquelle est au cœur de la gestion des opérations que vous découvrirez bientôt dans ces pages.

La formulation et la mise en œuvre d'une stratégie gagnante requièrent une telle maîtrise. Le succès de la stratégie originale de Research in Motion (« RIM » producteur du BlackBerry™), par exemple, reposait entre autres sur une compréhension supérieure de ce que font et veulent les clients d'affaires, l'élaboration d'une solution innovante pour répondre à ce besoin, et la livraison constante d'un service impeccable. Apple a maintenant surpassé RIM à cet égard, produisant et livrant de façon fiable une solution supérieure. Dans ce monde global, la concurrence est implacable, et la supériorité d'hier et d'aujourd'hui n'est nullement garante de la supériorité de demain. Google ou Amazon seront peut-être les gagnants demain, ou sera-ce plutôt le Chinois Alibaba? Ce que l'on peut affirmer, c'est que l'excellence opérationnelle, impliquant une judicieuse combinaison de rigueur et de créativité, telle que présentée dans ces pages, sera un ingrédient important dans la recette du succès.

Dans le film « Karate Kid » du directeur John Avildsen, le maître Miyagi explique à « Daniel-sans », son élève exaspéré par les nombreux exercices fastidieux et apparemment sans importance que lui impose son professeur, les choix qui s'offrent à lui et leurs conséquences. « Si toi karaté faire oui, OK. Si toi karaté faire, non, OK. Mais si toi karaté faire, cou-ci cou-ça, squish! ». Le geste qui accompagne ce dernier mot dans le film montre bien le sort qui attend ceux qui prétendent à un résultat de classe mondiale sans être disposés à consentir les efforts nécessaires. Il en va de même de la gestion des opérations et de l'excellence opérationnelle. Sans perdre la cible de vue, l'étudiant doit se concentrer sur chaque notion, modèle et technique. Si la destination vous intéresse, vous devez faire confiance au guide. La professeure Giroux vous propose une séquence logique, un narratif riche et stimulant, ainsi qu'une démarche qui le rendent éminemment accessible. Bonne lecture, et bon voyage.

Jean Harvey

AVANT-PROPOS

Il peut sembler dépassé de rédiger et d'imprimer encore un manuel, en cette ère où tout est virtuel et entreposé sur un nuage. Pourtant, ce sont nos étudiants qui nous ont demandé un livre auquel ils pourraient se référer, et dans lequel ils trouveraient des explications simples, des figures, des exemples et des problèmes. C'est donc pour les aider dans leur apprentissage, et pour soutenir notre propre enseignement et celui de nos collègues, que nous avons décidé d'écrire cet ouvrage.

Le lecteur découvrira rapidement que ce livre est assez différent des quelques autres manuels de niveau universitaire traitant du même sujet, qui sont le plus souvent des traductions d'ouvrages américains. D'abord, il n'a pas l'ambition de traiter de tous les aspects de la gestion des opérations et de la logistique (GOL). Nous voulions un livre concis, abordable et allant à l'essentiel; il a donc fallu faire des choix. Nous avons sélectionné ce qui nous paraissait être les méthodes et les principes les plus fondamentaux de la GOL, ceux que tout gestionnaire devrait connaître.

Si nous avons choisi de limiter le nombre de sujets abordés, nous avons toutefois voulu les expliquer de manière suffisamment détaillée, de telle sorte que le lecteur puisse parvenir seul à les maîtriser. De cette manière, les professeurs qui le souhaitent pourront référer les étudiants au livre pour l'apprentissage des concepts et des méthodes, puis consacrer le temps de classe à des approches pédagogiques plus stimulantes et plus pratiques que les cours magistraux (études de cas, simulations, jeux sérieux, etc.). On remarquera d'ailleurs que, contrairement à la majorité des manuels, le livre n'inclut aucune vignette qui fasse référence à des entreprises connues mettant en application les concepts présentés. De telles vignettes devenant rapidement dépassées, nous croyons qu'il est préférable de laisser aux professeurs le soin de donner en cours les exemples pertinents tirés de l'actualité des affaires, laquelle se renouvelle sans cesse.

Dans le même esprit, nous nous sommes délibérément tenues à l'écart du vocabulaire à la mode et de ce qu'on qualifie de « nouvelles approches » à la GOL. Lorsqu'on les examine de plus près, on constate que ces approches consistent le plus souvent en des recombinaisons à géométrie variable de solides principes de gestion découverts depuis longtemps. Ce sont donc ces principes fondateurs qui seront expliqués dans le livre, de sorte que le lecteur qui les aura bien compris pourra ensuite les mettre en œuvre dans les organisations où il travaillera, et ce, quelle que soit la situation dans laquelle il se trouvera. Nous sommes fermement convaincues que les gestionnaires – et en particulier les gestionnaires des opérations et de la logistique – doivent être comme les bons chefs cuisiniers qui, au lieu d'apprendre des recettes toutes faites, maîtrisent les bases de leur métier. Si l'on connaît les techniques de cuisson, les principes de préparation des sauces et la manière d'harmoniser les saveurs et les textures, on peut ensuite réussir n'importe quel plat et réaliser de brillantes improvisations culinaires, même à partir d'un garde-manger à demi vide.

Finalement, bien que le livre accorde une part importante aux outils quantitatifs essentiels à la conception des systèmes opérationnels et au pilotage des activités logistiques, ces outils sont toujours subordonnés aux décisions de gestion qu'ils viennent appuyer. Or, ces décisions doivent tenir compte de l'ensemble des objectifs et des intérêts en présence, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des organisations. Nous avons donc cherché à faire ressortir les liens entre la GOL et les autres fonctions de l'entreprise, de même qu'entre la GOL et les différentes parties prenantes de l'organisation. Par ailleurs, il y a rarement en GOL de voie toute tracée ni de solution unique ou idéale : tous les choix à faire entraînent des compromis et des renoncements. C'est ainsi que le thème central qui émerge de tous les chapitres est la nécessité des arbitrages. Nous espérons qu'en mettant ainsi l'accent sur la recherche de l'équilibre et du compromis, les jeunes gestionnaires seront mieux préparés à composer avec la réalité des organisations et à contribuer à leur succès.

Table des matières



1 Introduction à la gestion des opérations et de la logistique

Objectifs d’apprentissage

À la fin de ce chapitre, vous devriez être capable :

- d’expliquer en quoi consiste la gestion des opérations et de la logistique (GOL), quel est son rôle dans l’organisation et comment elle est reliée aux autres fonctions;
- de faire des liens entre l’évolution historique qui a conduit à la société actuelle et l’évolution de la GOL;
- d’analyser comment les changements actuels et futurs de l’environnement des organisations sont susceptibles d’influencer la GOL, et comment cette dernière contribue elle aussi à modifier le monde qui l’entoure;
- de démontrer l’importance de la GOL dans l’atteinte des objectifs stratégiques de l’organisation et dans la satisfaction des besoins des différentes parties prenantes;
- de présenter les grandes catégories d’attributs stratégiques de même que les notions d’efficacité, d’efficience et de productivité, puis d’expliquer comment la GOL permet d’atteindre les cibles fixées;
- de reconnaître les situations où des arbitrages sont nécessaires et d’être plus en mesure d’y faire face;
- d’expliquer les principales différences entre les organisations industrielles et de services et, en situation réelle, d’identifier les particularités de divers contextes d’opération et d’en comprendre les conséquences;
- de retracer les organisations qui font partie d’une même chaîne logistique et de présenter la manière dont elles sont interreliées et dont elles s’influencent mutuellement.

1.1 Qu'est-ce que la gestion des opérations et de la logistique?

D'où vient le livre que vous tenez entre les mains? Comment est-il parvenu jusqu'à vous? Il a fallu l'écrire et l'imprimer, bien sûr, mais aussi gérer sa production : planifier le projet de rédaction pour respecter l'échéancier fixé, insérer ce projet dans le calendrier de production de l'éditeur, coordonner le travail de différents intervenants (auteurs, réviseurs, graphistes…), contrôler la qualité, décider des quantités à imprimer en fonction de la demande prévue, contacter différents imprimeurs et choisir celui qui offrait les meilleures conditions (prix, délais, qualité…), gérer les stocks, planifier la livraison jusqu'aux distributeurs et aux détaillants. La librairie où vous l'avez acheté a dû elle aussi gérer ses opérations : déterminer les quantités à acheter et les dates limites de réception, prévoir l'espace pour entreposer les stocks, ajouter cet ouvrage au catalogue, planifier les heures d'ouverture de même que le nombre de commis et de caissiers requis, préparer les horaires du personnel, voir à l'entretien des lieux et au bon fonctionnement des caisses et autres supports physiques, etc.



Toutes ces activités, et bien d'autres encore, forment le quotidien des praticiens de la gestion des opérations et de la logistique (GOL). De manière générale, on entend par ***opérations*** l'ensemble des activités de transformation qui fabriquent les biens ou réalisent les services, alors que le terme ***logistique*** désigne plus spécialement les activités d'obtention, de déplacement, de transport et de distribution des matières et des produits. La gestion des opérations et de la logistique consiste donc à planifier, organiser, diriger et contrôler toutes les activités liées à la fabrication des biens, au flux des matières et à la réalisation des services. La GOL est présente dans toutes les organisations, petites ou grandes, privées ou publiques, industrielles ou de services. En effet, toutes les organisations ont comme fonction initiale d'offrir des produits (notons que tout au long de ce livre, le mot *produit* désigne autant les services que les biens), que ce soit à leurs membres (par exemple dans le cas des coopératives) ou à des parties externes (clients individuels, industriels ou institutionnels, autres organisations, membres de la société, etc.). Les motifs et les objectifs de leurs fondateurs peuvent être multiples, mais dès lors qu'une organisation fabrique ou vend quelque chose, ou qu'elle rend des services, elle doit gérer des opérations.

La GOL est une fonction passablement complexe. D'abord, elle est composée d'un ensemble d'activités variées : décider de la taille des installations, organiser le travail et les processus, choisir les technologies, planifier les opérations à court et à long terme, gérer les approvisionnements et les stocks, contrôler la production et la distribution, gérer et améliorer la qualité, planifier les projets, etc. La plupart de ces activités étant interreliées, une grande part de la GOL a pour but de bien les coordonner et de les ajuster les unes aux autres pour qu'elles forment un tout cohérent. De plus, la GOL vise à atteindre plusieurs objectifs qui ne sont pas toujours entièrement compatibles, tels que le respect des délais et des volumes de production demandés, la réduction des coûts, la

réalisation de biens et de services de qualité, de même que la capacité de s'ajuster rapidement et économiquement aux changements. Comme toutes les activités de gestion, la GOL aussi est soumise à des contraintes, qui proviennent à la fois des autres fonctions (finance, gestion du personnel, etc.) et de l'environnement de l'organisation. En effet, les responsables des opérations ne travaillent pas isolément. Ils sont en constante interaction avec les responsables des autres fonctions, mais aussi avec des partenaires d'affaires en amont (les fournisseurs) et en aval (les transporteurs, distributeurs et clients).

Si la pratique de la GOL est complexe, elle a l'avantage de ne pas être trop compliquée au plan conceptuel, du moins dans ses principes de base. Les activités qui la composent sont très concrètes et terre-à-terre, et dans la plupart des cas, il est facile d'en voir les résultats : les marchandises sont reçues en bon état et au bon endroit, les produits sont fabriqués à temps, les services sont rendus correctement... Ce sont aussi des activités que tout le monde pratique au quotidien sans s'en rendre compte : on planifie son horaire, on gère les échéances des travaux à remettre, on organise et répartit le travail au sein de son équipe, on prépare son petit-déjeuner, on gère le contenu du garde-manger et l'on voit à le réapprovisionner, on fait des achats, on prévoit de faire le lavage et le ménage, on organise ses déplacements, etc. Bien entendu, on ne gère pas les opérations d'une usine ou d'une grande banque comme on gère ses affaires quotidiennes, mais les différences ne sont pas tant au plan des concepts qu'au plan des outils de gestion. Lorsqu'il faut planifier la fabrication simultanée de dizaines de produits, des achats venant de centaines de fournisseurs situés partout dans le monde, ou encore lorsqu'il faut organiser le travail de grands groupes d'employés spécialisés, on doit se doter de bonnes méthodes pour gérer toutes les informations requises, réaliser les calculs nécessaires et tenir compte de toutes les contraintes en présence. Ainsi, si certains des outils présentés dans cet ouvrage peuvent sembler rébarbatifs de prime abord, ils sont rarement très compliqués. Les chapitres qui suivent permettront d'avoir un bon aperçu des principales méthodes de base de la GOL, et de présenter les principes de gestion sur lesquels elles s'appuient et les enjeux liés à leur utilisation.

1.2 En quoi la gestion des opérations et de la logistique est-elle importante pour moi?

Si je travaille en :

- **marketing**, j'aurai des interactions fréquentes avec les responsables de la gestion des opérations puisque je dois leur transmettre les informations sur la demande du marché et les besoins des clients. En retour, les responsables des opérations me préviendront de tout retard dans la production ou de tout problème susceptible d'affecter les ventes ou la mise en marché. Nous devrons travailler ensemble au quotidien pour établir des objectifs réalistes quant aux quantités à garder en stock, aux délais de livraison qu'il est possible de promettre, aux changements qu'on peut accepter, etc. À plus long terme, nous collaborerons à la conception des produits et des processus de service, de même qu'à l'organisation du réseau de distribution. Il est donc essentiel pour moi de bien comprendre les contraintes de production et de distribution, ainsi que leurs conséquences sur le marketing et les ventes;

- **finance ou en comptabilité**, j'aurai à collaborer avec les gestionnaires des opérations pour toutes les décisions qui impliquent des investissements ou qui peuvent avoir un impact sur les flux financiers. En effet, dans la plupart des entreprises industrielles et dans beaucoup d'entreprises de services, la grande majorité des actifs sont constitués des lieux physiques (usines, entrepôts, établissements de service…), de l'équipement de production et des stocks. De surcroît, une bonne partie du chiffre d'affaires (souvent plus de la moitié) est consacrée à l'achat des matières premières et des fournitures utilisées pour la fabrication ou les opérations; les décisions à cet égard ont donc des conséquences financières majeures. Au plan comptable, plusieurs postes de compte sont liés aux opérations; par exemple, ce sont les responsables de la GOL qui fourniront les informations permettant de calculer le coût de revient et la valeur des stocks. Il est donc essentiel pour moi de bien comprendre les enjeux relatifs aux opérations et à la logistique puisque cette fonction représente le poste de coûts et d'investissements de loin le plus important de toute l'organisation;



- **gestion des ressources humaines**, j'aurai à collaborer avec les gestionnaires des opérations pour toutes les décisions relatives au travail lui-même (exigences des postes, besoins en formation, santé et sécurité…) et à ses conditions (horaires, rémunération, évaluation de la performance, etc.). Dans la plupart des entreprises de services et dans beaucoup d'entreprises industrielles, la grande majorité des employés travaillent directement aux opérations. De plus, cette catégorie d'employés peut présenter des enjeux particuliers en matière de gestion du personnel (travail sur différents quarts, horaires atypiques, maladies professionnelles, accidents de travail, rémunération à la pièce, etc.). Il est donc essentiel pour moi de bien comprendre la réalité quotidienne des employés qui travaillent aux opérations et à la logistique, que ce soit dans les entreprises manufacturières ou de services;

- **gestion des systèmes d'information en gestion**, je devrai gérer l'ensemble des besoins en information générés par la gestion des opérations et de la logistique. Cela inclut la mise en place et le maintien de nombreuses bases de données (sur les produits, les clients, les ventes, les stocks, les fournisseurs et la production elle-même), de même que la conception ou l'acquisition des progiciels utilisés pour la planification et le contrôle des opérations et de la distribution, la gestion des horaires, le transfert des informations tout au long de la chaîne logistique et la gestion de la qualité. Dans les grandes entreprises, plusieurs de ces systèmes d'information font déjà partie des progiciels de gestion intégrés (*Enterprise Resource Planning*, ou ERP), mais c'est loin d'être le cas dans toutes les organisations, particulièrement dans les PME. Il est donc essentiel pour moi de bien comprendre les besoins en information des gestionnaires des opérations et de la logistique, et de concevoir des outils qui facilitent leur travail;

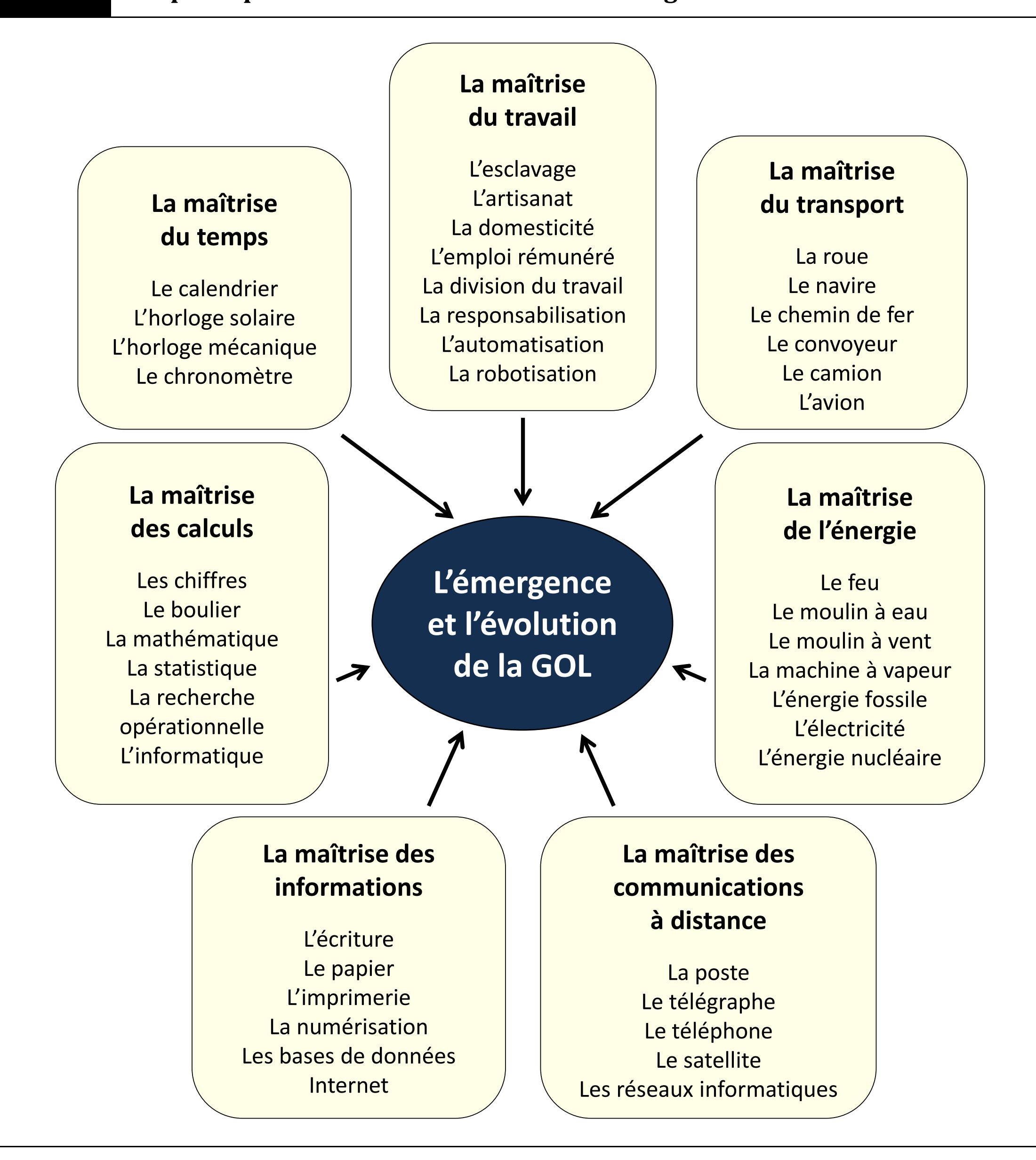
- **gestion des opérations et de la logistique**, j'aurai moi-même à appliquer les principes et à utiliser les outils présentés dans cet ouvrage. Même si je me spécialise dans une des activités de la GOL, j'aurai à collaborer avec mes collègues planificateurs, analystes logistiques, gestionnaires des stocks, approvisionneurs, gestionnaires de la qualité, chefs de projet, responsables de l'amélioration des processus, etc. Il est donc essentiel pour moi de maîtriser tous les aspects de la GOL.

1.3 L'héritage de la GOL

Si la GOL est en charge de toutes les activités liées directement à la fabrication des biens ou à la réalisation des services, c'est donc dire qu'elle remonte à bien loin. Aucun des grands œuvres dont on peut encore voir les traces aujourd'hui, des pyramides égyptiennes à la Grande Muraille de Chine, en passant par les aqueducs romains et les temples mayas, n'aurait pu être réalisé sans un minimum de planification, d'organisation du travail et de contrôle de la qualité. Malheureusement, il reste bien peu de traces écrites de ces activités, les connaissances s'étant surtout transmises oralement et par compagnonnage. Jusqu'au Moyen Âge, les avancées marquantes en matière de production portent essentiellement sur le développement d'outils et de méthodes de fabrication.

Au fil du temps, la pratique de la GOL intègre et amalgame un vaste ensemble d'innovations techniques et sociales, de connaissances et de manières d'organiser le monde, comme l'illustre la figure 1.1. Par exemple, la révolution industrielle s'organise en bonne partie autour de l'arrivée du charbon, de la machine à vapeur, du travail rémunéré et du chemin de fer. C'est en combinant la mesure et le calcul du temps, l'électricité, le convoyeur et la division du travail qu'on peut en arriver à la chaîne de montage développée par Henry Ford au début du XXe siècle. Plus récemment, la gestion de la chaîne logistique incorpore les différents modes de transport, les avancées de la recherche opérationnelle sur l'optimisation des réseaux, les bases de données sur les clients et les fournisseurs, les communications satellitaires et par Internet, etc.

Figure 1.1 Les principaux éléments conduisant à l'émergence de la GOL et à son l'évolution



De plus, tout au long de l'histoire mais plus particulièrement depuis le début du XXe siècle, la GOL développe ses différents volets en réponse à des défis particuliers. D'abord, lorsqu'il délaisse les champs et perd l'habitude de fabriquer lui-même ce dont il a besoin, le travailleur salarié donne naissance au consommateur de biens fabriqués par d'autres. Les usines sont alors confrontées au défi de devoir produire de grandes quantités de biens qui soient accessibles au plus grand nombre; il faut produire beaucoup, et pas cher. C'est la grande époque du génie industriel, et ce sont les ingénieurs qui prennent d'abord en charge la gestion des opérations. La production effrénée conduit vite à développer des méthodes pour gérer les stocks, planifier les opérations et contrôler la qualité de tous ces produits. De son côté, la quête de productivité passe par l'organisation scientifique du travail et la mise en place de processus performants. Assez rapidement se pose aussi le défi de l'approvisionnement et de la gestion du transport.

Sauf en périodes de guerre, l'occident est en plein essor, et en particulier l'Amérique du Nord. Toutefois, à partir du milieu des années 1970, cette dernière est frappée de plein fouet par le choc pétrolier et par le succès des pays asiatiques, dont le Japon. Pour faire face à ces nouveaux concurrents, on cherche à imiter le modèle japonais en adoptant ses pratiques de gestion des opérations : gestion intégrale de la qualité, production à valeur ajoutée, juste-à-temps, etc. Au même moment, divers changements technologiques et sociaux – dont l'arrivée massive des femmes sur le marché du travail – accélèrent l'explosion des entreprises de services, dont il faut aussi gérer les opérations. Puis, dans la course à la réduction des coûts, on délocalise les opérations, et ce, en même temps qu'Internet contribue à mondialiser les marchés. C'est alors la gestion de la chaîne logistique qu'il faut perfectionner. Quant aux défis actuels, certains croient que la question environnementale doit maintenant occuper le premier plan. Si cela s'avère, il faut s'attendre à ce que la gestion environnementale des opérations prenne un nouvel essor.



L'appropriation première de la GOL par les ingénieurs, les statisticiens et éventuellement la recherche opérationnelle a pour conséquence qu'on met d'abord l'accent sur le développement d'outils techniques. Il faudra un certain temps avant qu'on y incorpore les aspects sociaux et stratégiques, et même maintenant, les aspects politiques y sont peu représentés. Ce n'est que depuis une quarantaine d'années que la GOL s'est vraiment séparée du génie industriel et de la recherche opérationnelle et qu'elle est devenue une spécialité de la gestion. La plupart des entreprises industrielles reconnaissent maintenant que les ingénieurs et les gestionnaires des opérations ont chacun leurs compétences et leurs champs d'expertise. Il reste toutefois beaucoup à faire pour convaincre les dirigeants des entreprises de services qu'ils gagneraient à faire appel à des spécialistes pour gérer leurs opérations.

1.4 Le rôle stratégique de la GOL

La GOL est la fonction responsable de réaliser ce qui constitue l'assise même de l'organisation : les biens et services qui font l'objet de l'échange économique ou qu'elle s'est engagée à fournir à ses bénéficiaires. Il n'est donc pas exagéré de dire de la GOL qu'elle est au cœur de la stratégie. Les orientations stratégiques sont d'abord guidées par les relations de l'organisation avec ses parties prenantes, et le rôle de la GOL est manifeste dans toutes ces relations :

1) **Les clients :** on entend ici ce terme au sens large de tous ceux qui reçoivent les biens et services réalisés par l'organisation, et dont on cherche à satisfaire les besoins. Il peut s'agir de ceux qui achètent directement les produits ou de ceux qui en bénéficient sans les payer directement (par exemple les utilisateurs de biens achetés par des tiers ou les bénéficiaires des services publics). Or, c'est à la GOL qu'il revient de réaliser les produits répondant aux besoins et possédant certains attributs stratégiques, sur lesquels on reviendra plus loin. Si l'entreprise a des concurrents sur les marchés qu'elle dessert, ces produits doivent non seulement lui permettre de se qualifier pour l'obtention des commandes, mais aussi de se démarquer de la compétition;

2) **Les propriétaires ou les actionnaires :** dans pratiquement toutes les organisations, les opérations sont le principal centre de coûts et dépassent de très loin toutes les autres dépenses. De bonnes pratiques de gestion des opérations présentent donc un potentiel d'économies important, à moins que tous les efforts en ce sens aient déjà été déployés. Par ailleurs, le chiffre d'affaires de l'entreprise dépend directement de sa capacité à livrer les produits attendus, et ce, de manière constante et prévisible. C'est au moment de la réalisation des biens et des services que se crée la valeur. D'un côté comme de l'autre, la GOL conduit en ligne droite à la profitabilité et, dans le cas des entreprises à but non lucratif, au respect des budgets;

3) **Les employés :** dans la plupart des organisations, la majorité des employés travaillent aux opérations. Bon nombre de décisions de GOL affectent directement leur quotidien, qu'il s'agisse de la nature du travail lui-même, de la répartition des tâches, des horaires, de l'aménagement des lieux, des enjeux de santé et de sécurité, des cibles de performance, du partage des responsabilités et du pouvoir quant à la production, etc. En retour, le climat de travail, la stabilité de la main-d'œuvre et le développement des compétences sont des éléments clés dans la capacité de l'organisation à atteindre ses objectifs stratégiques;

4) **Les autres partenaires d'affaires :** on inclut ici les fournisseurs, les sous-traitants, les transporteurs, les distributeurs et les détaillants qui font affaire quotidiennement avec les organisations, et plus directement avec les gestionnaires des opérations. La fonction GOL est en bonne partie responsable de la qualité des relations avec ces partenaires, ne serait-ce qu'en établissant un climat d'échange honnête, ouvert et respectueux du rôle et des besoins de chacun. En outre, plusieurs des décisions prises par la GOL ont des conséquences immédiates pour eux; par exemple, des opérations bien organisées et bien contrôlées permettent aux partenaires de bien planifier leurs propres opérations et d'en réduire les coûts. À moyen et long terme, la prospérité des partenaires d'affaires – et donc, leur stabilité –, de même que la solidité des rapports qu'on entretient avec eux, constituent des avantages concurrentiels majeurs;



5) **Les gouvernements et la société dans son ensemble :** d'un côté, si la fonction GOL est responsable de la majorité des dépenses, des revenus et des emplois, c'est donc dire qu'elle est génératrice de salaires, de taxes et d'impôts. De l'autre côté, les opérations sont de grandes consommatrices d'énergie et d'infrastructures (routes, parcs industriels, etc.) et peuvent générer divers coûts sociaux (pollution, surexploitation des ressources, chômage engendré par l'automatisation ou la délocalisation…). Bon nombre des subventions et des crédits reçus par les entreprises vont aux opérations : agrandissements, modernisation de l'équipement, formation de la main-d'œuvre, etc. Dans le cas des services publics, les opérations sont sous l'œil constant de l'État et de la population, qui cherchent à obtenir les services promis tout en réduisant les coûts, les gaspillages et le détournement des fonds publics. Ainsi, la place des organisations dans la société où elles s'insèrent influence l'élaboration de la stratégie.

Les attributs stratégiques

On entend par *attributs stratégiques* les variables clés qui, au-delà des caractéristiques particulières des produits et des services offerts, permettent à l'organisation de satisfaire les besoins de ses clients et de se différencier de ses concurrents. Ce sont :



1) **La qualité :** c'est souvent l'attribut que les entreprises mettent le plus à l'avant-plan lorsqu'elles énoncent leur stratégie. Pour les clients, cet attribut consiste à obtenir des produits qui correspondent de manière constante et fiable à ce que l'organisation s'est engagée à leur livrer. Au plan concurrentiel, la qualité est aussi une occasion de se démarquer, soit en offrant des biens et des services dont les caractéristiques surclassent ceux des concurrents, soit en dépassant les attentes des clients;

2) **Les délais :** cet attribut se déploie différemment selon le contexte. Dans le cas des produits technologiques ou des innovations, les entreprises misent souvent sur la rapidité de développement et de mise en marché de nouveaux produits pour battre la concurrence. Dans le cas des marchandises destinées à des clients industriels ou institutionnels, ce qui compte est de pouvoir offrir un délai de livraison court et, surtout, fiable. C'est aussi le cas pour les biens de consommation que les clients doivent commander spécialement (meubles, automobiles, etc.). Enfin, dans les entreprises de services, c'est la réduction du délai pour obtenir un rendez-vous et du temps d'attente une fois rendu sur place;

3) **Le volume :** cet attribut n'est pas toujours exprimé de manière explicite, mais il constitue néanmoins un avantage concurrentiel, puisqu'il arrive souvent que des entreprises perdent des ventes parce qu'elles sont trop petites et que leur capacité ne suffit pas à satisfaire les besoins des gros clients. Dans les entreprises de services, le volume est aussi lié à l'accessibilité du service pour les clients (pensons, par exemple, aux difficultés du système de santé de répondre à toute la demande);

4) **Le prix :** c'est un attribut stratégique majeur, particulièrement lorsque la situation économique est mauvaise et que les clients recherchent les aubaines. Toutefois, cet attribut est presque toujours contrebalancé par les

autres, et certains seront prêts à payer davantage pour une meilleure qualité, des délais plus courts ou une plus grande flexibilité. L'importance relative du prix est directement reliée au positionnement de l'entreprise sur les marchés qu'elle dessert;

5) **La variété :** certaines organisations choisissent de se spécialiser dans la production d'un petit nombre de biens ou de services différents, ce qui leur permet habituellement de réduire les prix et les délais ou de mieux contrôler la qualité. D'autres, au contraire, optent pour la variété, de façon à offrir plus de choix aux clients ou à leur permettre de trouver tout ce qu'ils recherchent au même endroit;

6) **La flexibilité :** en tant qu'attribut stratégique, on entend par *flexibilité* la capacité de l'organisation à s'adapter aux besoins des clients sans encourir des coûts excessifs. En fait, la flexibilité peut porter sur la plupart des autres attributs stratégiques. On parle ainsi de flexibilité-délai (c.-à-d. la capacité de raccourcir les délais, au besoin), de flexibilité-volume (c.-à-d. la capacité de réaliser de petites et de grosses commandes) et de flexibilité-produit (c.-à-d. la capacité de modifier certaines caractéristiques du produit pour répondre aux demandes particulières des clients).

Bien que tous ces attributs stratégiques soient importants, la priorité qu'on leur accorde varie selon les organisations. Dans les situations de concurrence, certaines entreprises choisissent de se démarquer par la qualité de leurs produits, d'autres par les délais, d'autres par le prix, etc., ou par des combinaisons variables de plusieurs objectifs. Cela ne veut pas dire pour autant que les autres attributs ne sont pas considérés, mais que les cibles qu'on fixe pour chacun varient selon l'entreprise. Par exemple, si l'on compare une petite épicerie de proximité, un supermarché haut de gamme et un magasin entrepôt, les trois se sont donné des cibles précises en matière de prix de vente, de qualité du service et d'ambiance de magasinage, ainsi que de volume et de variété de produits. Ces cibles sont toutefois très différentes dans les trois cas.

Même si les segments de marché visés influencent beaucoup les cibles établies, ces dernières doivent aussi tenir compte des ressources particulières dont dispose l'entreprise et qui peuvent lui fournir un avantage concurrentiel. Par exemple, certaines organisations ont une main-d'œuvre très qualifiée et expérimentée, d'autres bénéficient de capitaux importants, d'autres encore d'un équipement de pointe, de la possession de brevets ou d'une formidable équipe de R&D. Une stratégie robuste repose sur l'adéquation entre les forces de l'entreprise et les objectifs qu'elle se donne.

Les attributs stratégiques sont au centre de la plupart des décisions que prennent les dirigeants et les gestionnaires. En GOL, en particulier, toutes les activités de conception des produits et des processus, de choix de capacité, de gestion de la qualité, d'organisation du travail, de planification de la production, d'approvisionnement, de gestion des stocks, de conditionnement, de transport et d'amélioration des processus ont d'abord pour but d'atteindre les cibles établies. La capacité de l'organisation d'atteindre ses cibles de manière continue porte le nom d'***efficacité***, qu'on résume parfois par « faire la bonne chose ». Toutefois, dans la majorité des organisations, la quête d'efficacité s'accompagne aussi de la recherche de l'***efficience***, ou « bien faire les choses ».

Efficience, productivité et valeur ajoutée

L'efficience consiste à atteindre les objectifs de la manière la plus économe. En ce sens, on ne peut normalement pas parler d'efficience si l'on n'est pas d'abord efficace, même s'il peut arriver que la recherche trop enthousiaste de l'efficience fasse oublier la primauté de l'efficacité.

La notion d'efficience est liée de près à un autre concept, celui de productivité, qui exprime le rapport entre la production et les ressources qui ont été requises pour l'obtenir. On peut mesurer la productivité de différentes façons, selon ce qu'on cherche à mettre en évidence et selon le niveau d'analyse où l'on se situe. On parlera, par exemple, de la productivité de la main-d'œuvre, du capital ou du total des ressources utilisées, ou encore de la productivité individuelle, d'une équipe ou d'une usine, et même de la productivité nationale. Une mesure globale de la productivité d'une organisation serait :

$$\text{Productivité} = \frac{\text{Valeur des biens et services produits}}{\text{Valeur des matières et des ressources de production utilisées}}$$

Les efforts des organisations pour améliorer leur productivité visent donc à « produire plus avec moins », c'est-à-dire à augmenter le nombre ou la valeur unitaire des biens et services produits ou à réduire la quantité ou le prix des matières et des ressources requises pour les réaliser. Tout comme les attributs stratégiques, l'atteinte des cibles de productivité et l'augmentation de l'efficience font partie intégrante de la stratégie, de même que des décisions et des activités quotidiennes de la GOL.

Une autre façon d'exprimer l'importance de l'efficience et de la productivité est de parler de la valeur qui est ajoutée (ou pas) lors de l'ensemble des étapes qui mènent à la livraison des biens et des services. On dit d'une activité qu'elle est « à valeur ajoutée » lorsque sa réalisation contribue à la valeur que possède le produit aux yeux des clients, si bien qu'ils sont prêts à payer pour l'obtenir. Au contraire, une activité sans valeur ajoutée ne contribue pas à la valeur du produit. Par exemple, les étapes de fabrication d'un bien en tant que telles sont créatrices de valeur, puisque le produit fini a plus de valeur pour le client que les matières qui le composent. En revanche, la planification des opérations, le stockage des pièces, les efforts de marketing ou la préparation des états financiers de l'organisation ne créent pas de valeur. Toutes ces activités peuvent être essentielles au bon fonctionnement de l'organisation, mais elles n'ont aucune valeur aux yeux du client. Cela ne veut pas dire qu'il faut les éliminer, mais qu'on doit chercher à les réduire au minimum requis.

L'environnement PESTEL



La stratégie des organisations est constamment perturbée par les changements de l'environnement politique, économique, social, technologique, écologique et législatif, couramment désigné par l'acronyme PESTEL. Ces perturbations peuvent avoir un effet stimulant mais aussi ajouter des contraintes auxquelles on résiste ou avec lesquelles on compose. La GOL est touchée directement par cet environnement, comme en témoignent les exemples suivants :

1) **L'environnement politique :** les gouvernements en place ont le pouvoir de subventionner ou d'avantager certaines industries, ou de promouvoir certains types d'innovations plutôt que d'autres. De même, les promesses de création d'emplois peuvent signifier qu'on soutiendra la modernisation des usines ou leur implantation dans certaines régions. À l'international, les ententes de libre-échange ou de réciprocité conclues entre gouvernements influencent directement l'accès aux matières premières et le prix de ces dernières, de même que les possibilités de délocaliser les opérations et de transporter les marchandises à faible coût. Par ailleurs, le politique influence directement les autres dimensions (ESTEL) de l'environnement des organisations;

2) **L'environnement économique :** puisque les opérations utilisent la majorité des ressources de l'organisation (achats de matières et de services, équipements, employés, sources d'énergie, espaces, etc.), elles sont lourdement influencées par des éléments tels que le cours des métaux et du pétrole, les taux de change, les taux d'intérêt, l'inflation, les salaires, les taxes foncières, et toutes les autres fluctuations de l'environnement économique. De plus, dans la mesure où la situation économique influence la demande pour les biens et les services non essentiels, le niveau de production est lié à l'économie;

3) **L'environnement social :** les opérations requérant beaucoup de personnel, elles sont influencées par les changements dans la composition de la main-d'œuvre (par exemple le vieillissement de la population, l'augmentation de l'immigration et l'accroissement de la scolarisation) et par les nouvelles attentes des employés en matière de conditions de travail (conciliation travail-famille, horaires flexibles, télétravail, autonomie, etc.). La demande pour les produits et les services est aussi influencée par les changements démographiques, les valeurs sociales et le style de vie;

4) **L'environnement technologique :** tel que nous l'avons vu à la section 1.3, la GOL doit une grande part de son évolution à celle des technologies. Pensons seulement à l'impact des systèmes à radiofréquence (RFID, pour *Radio-Frequency Identification*) sur la gestion des matières et des stocks, le rôle du GPS (*Global Positioning System*) dans le suivi des opérations de transport, l'utilisation d'Internet dans les communications avec les fournisseurs et les clients, les raffinements en matière de robotique, le développement croissant des technologies de libre-service, etc.;

5) **L'environnement écologique :** dans les organisations, les opérations sont les principales utilisatrices de matières premières et d'énergie, et elles sont responsables de la plupart des déchets et des émissions dans l'environnement. En conséquence, la GOL est frappée de plein fouet par les pressions des environnementalistes, et doit composer avec cette réalité;

6) **L'environnement législatif :** la GOL doit voir au respect d'un ensemble de lois et de règlements, qu'il s'agisse des lois du travail, des normes de santé et de sécurité des travailleurs, de la règlementation en matière de sécurité des produits et de salubrité des lieux de service, des règles sur l'emballage, des lois qui régissent les contrats avec les fournisseurs, ou encore des différentes lois sur la protection des consommateurs. L'augmentation des contrats à l'étranger et des opérations internationales ont aussi pour effet de complexifier l'environnement législatif de la GOL.

Finalement, il est important de noter que l'environnement PESTEL influence l'organisation elle-même mais aussi ses concurrents et l'ensemble de ses parties prenantes. En outre, l'influence va dans les deux sens : chacun de ces groupes réagit aux changements de l'environnement et contribue ainsi à le modifier encore davantage. L'ensemble de ces effets forme un système complexe et dont il est impossible de prévoir la trajectoire, mais auquel il faut pourtant s'adapter.

La stratégie des opérations

Au bout du compte, la stratégie des opérations s'aligne de près à la stratégie d'entreprise. Slack et Lewis[1] définissent la stratégie des opérations comme :

> *« le portrait d'ensemble que forment les décisions prises et qui détermine, à long terme, les capacités du système opérationnel et la manière dont il pourra contribuer à la stratégie d'entreprise en conciliant les besoins du marché et les ressources disponibles. »*

Il est intéressant de noter que cette définition présente la stratégie comme le résultat des décisions cumulées. En effet, même si l'on parle habituellement de la stratégie comme d'une orientation précise qui est articulée par les dirigeants, puis transmise du haut vers le bas de l'organisation et suivie par tous, cela ne correspond pas toujours à la réalité. En fait, le plus souvent, la stratégie apparaît lorsqu'on regarde les décisions et les gestes posés au quotidien. Il peut même y avoir un écart important entre la stratégie annoncée et celle qui émerge au jour le jour. Il n'est pas rare que l'on dise que la qualité est nº 1, mais que l'on priorise plutôt la réduction des coûts ou le respect des délais (ou encore, qu'on annonce vouloir réduire les coûts mais qu'on accepte régulièrement des modifications de produits ou des livraisons urgentes qui ont pour effet de les faire augmenter). Le cumul des décisions peut donc avoir pour effet de confirmer la stratégie officielle ou, au contraire, de la réorienter complètement ou de la remplacer par une stratégie informelle qui reflète davantage la volonté des dirigeants et les pressions que peuvent exercer les parties prenantes de l'organisation. La définition précédente confirme aussi la nécessité d'accorder les besoins du marché aux capacités de l'organisation, ce qui peut requérir des arbitrages.

1.5 La notion d'arbitrage

Même si une organisation peut poursuivre simultanément plusieurs objectifs et attributs stratégiques, elle doit régulièrement faire des choix. C'est alors qu'intervient l'arbitrage, qui consiste à trancher entre différentes options qui présentent chacune des avantages.

La notion d'arbitrage existe dans toutes les fonctions de l'organisation, mais elle est particulièrement centrale en gestion des opérations. On la trouvera donc, sous une forme ou sous une autre, dans tous les chapitres de ce livre. Qu'il s'agisse de concevoir le système opérationnel, de prévoir la demande ou de planifier les opérations, les gestionnaires des opérations et de la logistique sont constamment confrontés à des choix déchirants et à des questions auxquelles il n'y a pas qu'une seule bonne réponse. Par exemple :

- Doit-on prendre le risque d'augmenter la capacité en prévision de la demande future, quitte à être en surcapacité si cette demande ne se réalise pas?

[1] Slack, N. et M. Lewis (2008). *Operations Strategy*, 2e éd., Harlow, Prentice-Hall, 504 p., traduit par nous.

- Vaut-il mieux acheter le meilleur équipement en fonction des conditions actuelles de production, ou de l'équipement moins efficient dans l'immédiat mais qui pourra s'adapter si les conditions changent?
- Est-il préférable d'avoir plusieurs entrepôts pour réduire les coûts de transport ou de centraliser les stocks pour diminuer les coûts d'entreposage?
- Doit-on refuser les modifications aux commandes pour stabiliser le calendrier de production ou satisfaire les clients quitte à augmenter les coûts?
- Vaut-il mieux avoir plusieurs fournisseurs pour les mêmes produits de manière à susciter la concurrence ou n'en avoir qu'un seul pour lequel on sera un client privilégié?

Les gestionnaires des opérations et de la logistique doivent d'abord reconnaître les situations d'arbitrage et accepter, d'entrée de jeu, que les solutions ne sont peut-être pas simples ou évidentes. Les jeunes gestionnaires, en particulier, peuvent avoir du mal à tolérer l'ambiguïté et vouloir à tout prix trouver la solution idéale. Bien qu'il n'y ait pas de recette pour faire de bons choix, on peut suggérer quelques pistes :

1) **S'appuyer sur des faits :** l'esprit humain a tendance à filtrer les informations et à retenir davantage les cas extrêmes et les éléments négatifs. Plutôt que de se contenter de constats du genre « on manque toujours de tel ou tel produit » ou « ce fournisseur est toujours en retard », on ira vérifier si les données confirment ces impressions avant de décider quoi que ce soit;
2) **Tenir compte des intérêts en présence :** la GOL doit coordonner ses décisions à celles des autres fonctions de l'organisation. Réduire la variété des produits est avantageux au plan des opérations, mais peut être désastreux pour les ventes. Augmenter les stocks réduit les risques de pénuries et de retards de livraison, mais paralyse des capitaux qui seraient peut-être mieux investis ailleurs. Avoir fréquemment recours au temps supplémentaire peut être souhaitable ou non selon la convention collective, l'état actuel des relations de travail ou les préférences des employés. Ultimement, c'est l'intérêt de l'organisation dans son ensemble qui devrait primer;



3) **Évaluer les risques et, surtout, la capacité de l'organisation d'y faire face :** par exemple, un mauvais choix d'équipement ou de capacité peut être fatal pour une petite entreprise, mais ne pas être très dommageable pour une grande entreprise en bonne santé financière;

4) **Se préparer à défendre ses choix :** tout arbitrage implique que certaines options sont rejetées, et ceux qui auraient bénéficié de ces options risquent d'être mécontents. Les supérieurs hiérarchiques et les dirigeants voudront eux aussi comprendre les choix qui ont été faits. La capacité de présenter clairement les avantages et inconvénients de chacune des options et d'appuyer le choix final sur des données précises et des arguments solides est donc une habileté essentielle des gestionnaires des opérations et de la logistique;

5) **Renoncer à ce qui aurait pu être :** la situation d'arbitrage implique aussi qu'on ne peut pas tout avoir et qu'il faut renoncer aux avantages des options qui n'ont pas été retenues. Cela peut sembler évident, mais il n'est pas facile d'accepter de perdre certains clients, de décevoir des employés ou des collègues de travail, ou encore de freiner ses désirs d'expansion. Il n'est pas rare que des choix pourtant fermes soient suivis de glissements et de furtifs retours en arrière qui peuvent avoir des conséquences désastreuses.

En reconnaissant la nécessité des arbitrages, en identifiant les enjeux prioritaires et en se préparant bien, on pourra réduire l'éparpillement et les incohérences lors de la prise de décision et vivre sereinement avec les choix qui seront faits.

1.6 Les différents contextes d'opération et leurs particularités

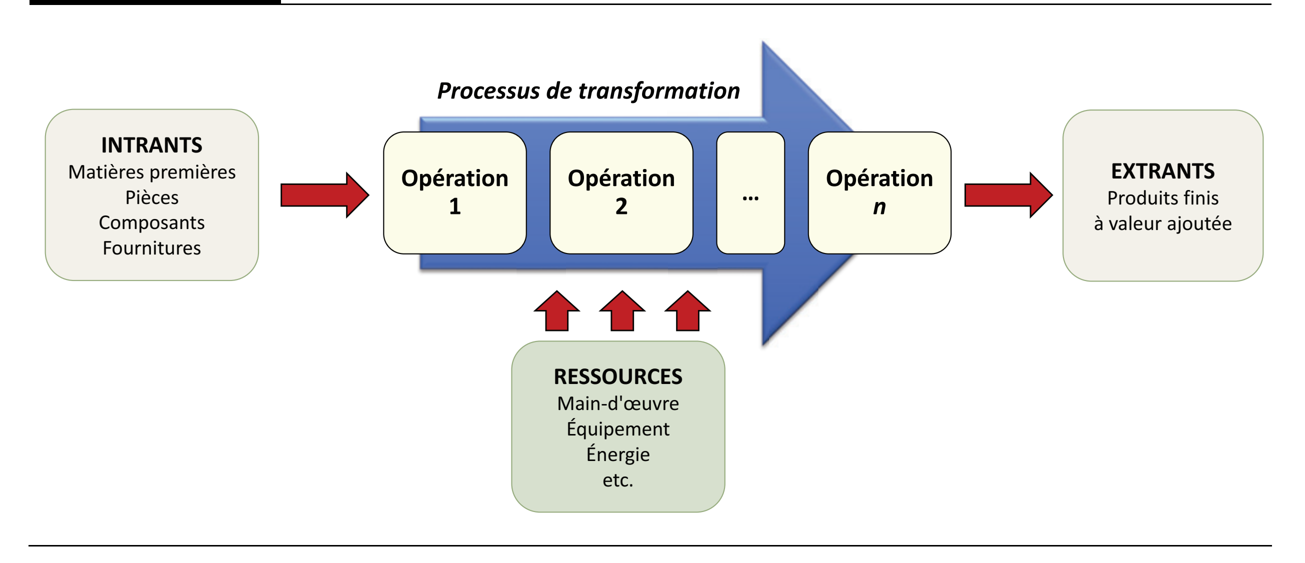
Pour bien comprendre les chapitres qui vont suivre, il faut d'abord maîtriser certaines notions de base et comprendre les spécificités des opérations dans différents types d'organisations.

Le secteur industriel

Le secteur industriel, parfois appelé secteur manufacturier, est celui qui se consacre à la fabrication des biens. On entend par ***biens*** les objets physiques que les clients se procurent pour un usage particulier, et qui possèdent un ensemble de caractéristiques qui les rendent aptes à l'usage auquel ils sont destinés. Il peut s'agir de biens de consommation achetés par la population en général, ou encore de biens utilisés par d'autres entreprises ou par des institutions (par exemple les fournitures médicales pour le secteur hospitalier). Dans tous les cas, les biens fabriqués sont les ***extrants*** d'un processus de transformation, tel que schématisé à la figure 1.2. Les biens sont tous fabriqués à partir d'***intrants***, c'est-à-dire d'un ensemble varié de matières premières (bois, métaux, fibres, produits chimiques, etc.), de pièces (fils électriques, semelles, pentures, boîtiers de plastique, etc.), de composants déjà fabriqués (circuits électroniques, moteurs…) et de fournitures diverses (colles, étiquettes, vis…). Ces intrants vont se retrouver, plus ou moins transformés, à l'intérieur des produits finis. Entre les intrants et les extrants se trouve le ***processus de transformation***, c'est-à-dire la succession des opérations qui modifient les intrants de manière à leur ajouter de la valeur et à obtenir les extrants. Dans le cas de la production des biens, la plupart des opérations entraînent une transformation physique : les matières sont mélangées, découpées, cuites… et changent ainsi d'état physique; les pièces et composants sont vissés, soudés, collés ensemble, etc. Par exemple, des copeaux de bois sont broyés et traités chimiquement pour obtenir une pulpe, la pâte à papier. Puis, pour fabriquer le papier, la pâte est étendue, pressée, séchée, égalisée

puis enroulée. Enfin, l'imprimeur de circulaires reçoit ces énormes rouleaux et imprime le texte et les images sur le papier qui se déroule, puis le découpe en feuillets et plie ces derniers pour obtenir une circulaire prête à distribuer.

Figure 1.2 **Le processus de fabrication des biens**



Pour réaliser les opérations qui forment le processus, il faut utiliser des ressources. Ces dernières sont tout aussi essentielles que les intrants à la fabrication des produits mais, contrairement à eux, on ne les retrouve pas en tant que telles dans les extrants. On entend habituellement par *ressources* le travail des employés à la production, les outils et l'équipement utilisés pour la fabrication, et l'énergie qui les alimente (électricité, gaz, etc.), mais on peut aussi y inclure les ressources indirectes (éclairage, chauffage, espace, etc.). L'ensemble structuré des ressources et moyens mis en place pour réaliser les produits constitue ce qu'on appelle le ***système opérationnel***.

Notons que le schéma de la figure 1.2 s'applique à la production de tous les types de biens, qu'il s'agisse de fabrication artisanale, manuelle et à très petit volume, ou de fabrication industrielle, mécanisée et à très grand volume.





Les types de fabrication

1) **Standard ou sur spécifications :** les caractéristiques que doivent posséder les produits, aussi appelées *spécifications*, sont généralement établies par l'entreprise qui les fabrique; on parle alors de *production standard*. D'autres entreprises fabriquent des produits personnalisés, dont les caractéristiques sont fixées par les clients; on parle alors de *production sur spécifications*. Par exemple, la majorité des entreprises de l'industrie du vêtement fabriquent des produits standards qu'on achète tels quels au magasin, mais on trouve aussi des tailleurs et des couturiers qui confectionnent des vêtements parfaitement adaptés aux goûts et à la taille du client. La production sur spécifications se retrouve surtout chez les fabricants de pièces ou de composants, ou encore chez les sous-traitants, qui sont des entreprises industrielles fabriquant des produits pour le compte d'autres entreprises, lesquelles en font ensuite la mise en marché. Par exemple, les entreprises du secteur de l'électronique confient à des fabricants spécialisés la production des circuits imprimés ayant le tracé et les particularités dont ils ont besoin. De même, certaines entreprises du secteur du vêtement ne fabriquent pas elles-mêmes les produits qu'elles vendent sous leur marque, mais conçoivent les modèles et les font faire par des sous-traitants;

2) **Fabrication pour les stocks, fabrication sur commande, assemblage sur commande :** il s'agit en fait de trois façons de déclencher la fabrication des produits. Les entreprises qui fabriquent pour les stocks vont chercher à prévoir la demande future et vont se baser sur ces prévisions pour produire à l'avance les biens, qui seront ensuite stockés jusqu'au moment de la vente. Ce mode de fabrication n'est approprié que pour les produits standards. Il présente l'avantage de permettre de répondre rapidement à la demande des clients (puisque les produits sont fabriqués à l'avance et prêts à être livrés) et de planifier la production longtemps à l'avance. Par contre, si la demande prévue ne se réalise pas, on risque de se retrouver avec des surplus de marchandises.



À l'opposé, la fabrication sur commande consiste à ne produire qu'au moment où l'on a reçu une commande ferme de la part d'un client. On l'utilise dans le cas des produits fabriqués selon les spécifications du client ou pour les produits semi-standards (par exemple un modèle de divan standard, mais

pour lequel le client choisit un tissu de recouvrement particulier). Certaines petites entreprises qui ne disposent pas de moyens suffisants pour conserver des stocks peuvent aussi attendre de recevoir des commandes avant de fabriquer des produits standards. La fabrication sur commande réduit les risques liés aux stocks mais allonge considérablement le délai entre la réception de la commande et la livraison des produits finis aux clients, puisque ces derniers doivent attendre que les produits soient fabriqués. Entre ces deux extrêmes, on trouve l'assemblage sur commande. Ici, les composants qui forment les produits sont fabriqués à l'avance et stockés, mais on ne procède à l'assemblage final qu'une fois la commande reçue. Cette méthode est particulièrement utile pour les produits qui ont plusieurs composants communs. Par exemple, dans les restaurants McDonald's, les galettes de viande sont cuites à l'avance et attendent bien au chaud d'être insérées dans les différents types de hamburgers vendus par l'entreprise. Ainsi, l'entreprise est capable d'offrir un service rapide puisque le client n'attend que le temps qu'il faut pour assembler son hamburger, la partie la plus longue du processus de fabrication (la cuisson de la viande) ayant déjà eu lieu;

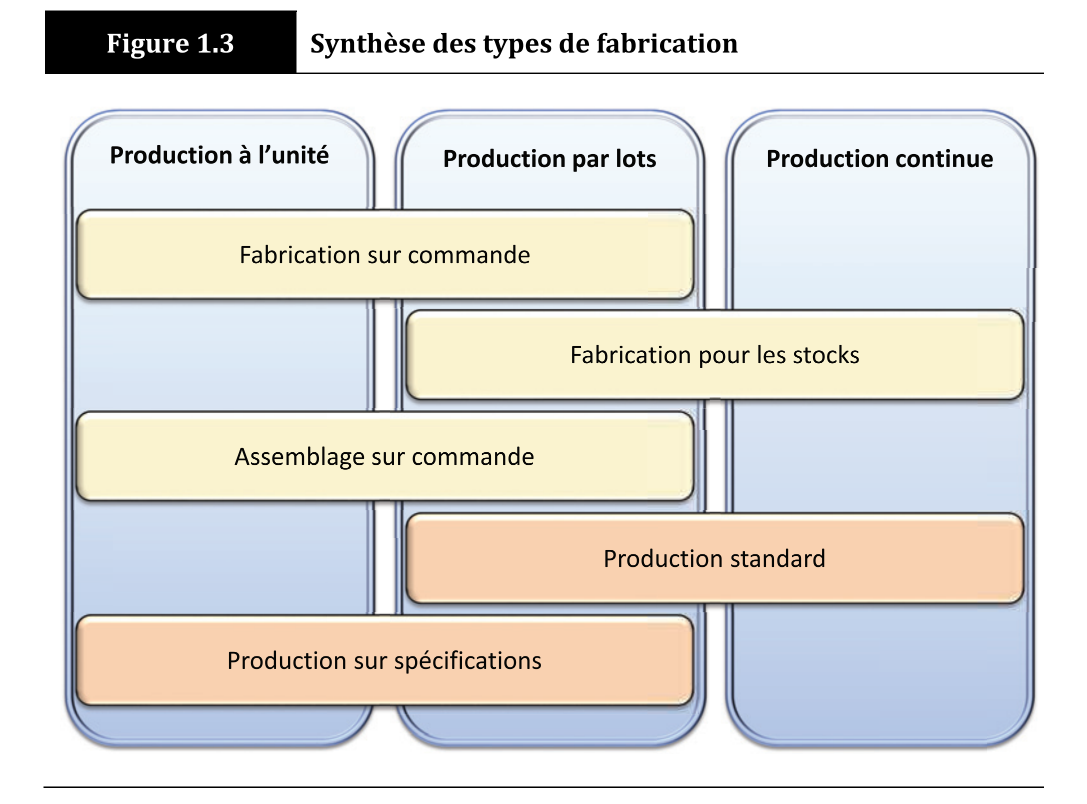
3) **Production par lots, production à l'unité, production continue :** on appelle ***lot*** un groupe de produits identiques qui passent ensemble par les mêmes étapes de fabrication. Lors de la production par lots, l'entreprise fabrique un à la suite de l'autre des lots de produits différents. Par exemple, un fabricant de soupes en conserve fera un lot de soupe aux légumes, un lot de soupe au poulet, etc. Dans le même sens, une entreprise qui fabrique des imprimantes à jet d'encre pourra fabriquer un lot du modèle A, puis un lot du modèle D, etc. Les lots peuvent ne compter que quelques unités ou encore des milliers de produits identiques. Dans la plupart des cas, le passage d'un lot au suivant requiert d'effectuer une ***mise en route***. La mise en route (ou mise en course) est une étape de préparation et d'ajustement de l'équipement qui doit être faite avant qu'on puisse commencer la production (par exemple, lorsqu'on passe d'un lot de soupe à l'autre, il faut nettoyer toutes les parties de l'équipement qui sont en contact avec les aliments);



Notons qu'on peut fabriquer par lots tant les produits standards que les produits sur spécifications. Mais les entreprises ne produisent pas toutes par lots. Certaines vont plutôt adopter la production à l'unité, qui consiste à ne fabriquer à chaque fois qu'un seul exemplaire du produit. Ce type de fabrication ne se retrouve normalement que dans la production sur commande ou dans l'assemblage sur commande[2]. À l'autre extrême, si l'entreprise ne fabrique qu'un seul produit standard, ou lorsqu'un de ses produits est fabriqué en si grande quantité qu'on peut lui consacrer un groupe d'équipements qui ne font rien d'autre, on parlera de production continue[3].

Comme on peut le constater, plusieurs éléments caractérisant les types de fabrication se recoupent; ils sont intégrés à la figure 1.3. La planification et le contrôle de la fabrication pour les stocks et de l'assemblage sur commande seront traités aux chapitres 4 et 5, alors que le chapitre 6 sera consacré à la planification et au contrôle de la production sur commande. Notons aussi que l'on reviendra sur les caractéristiques de ces types de fabrication et sur leurs conséquences au chapitre 8.

Figure 1.3 **Synthèse des types de fabrication**



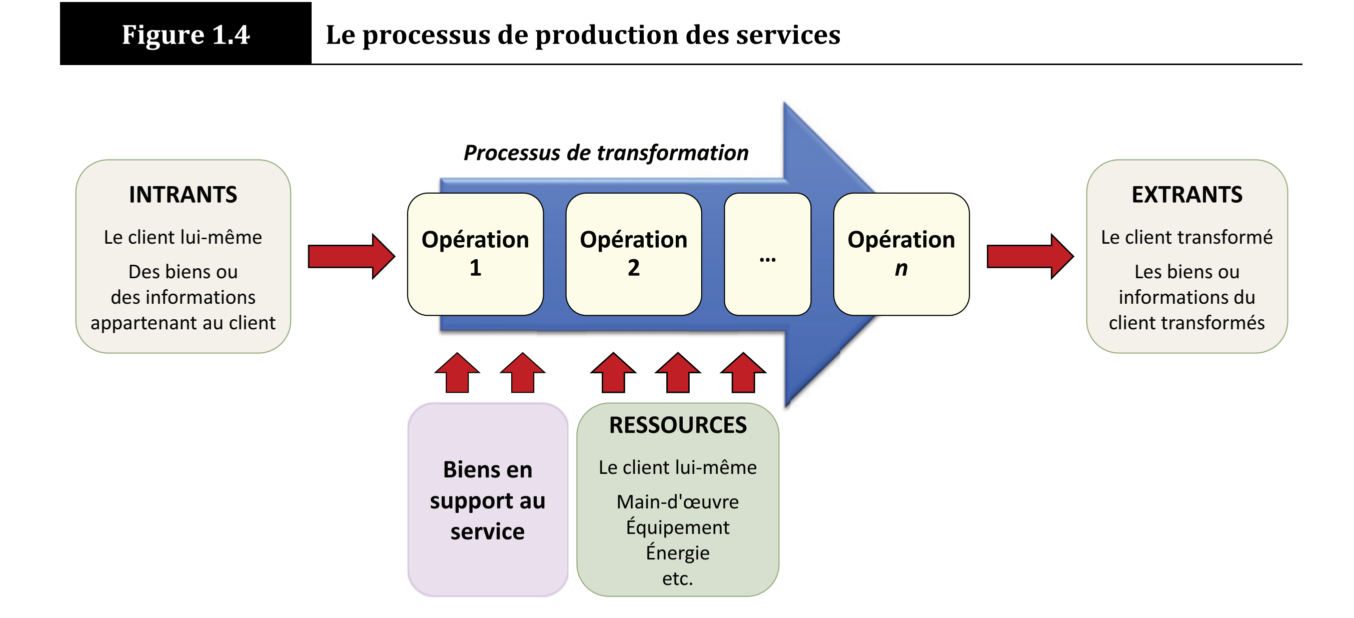
[2] Sauf dans le cas des artistes et des artisans qui fabriquent des pièces uniques mais ne répondant pas à une demande précise d'un client.
[3] On prendra garde toutefois de ne pas confondre la production continue et le *flux continu*, dont il sera question au chapitre 8.

Le secteur des services

Contrairement aux entreprises industrielles qui vendent des biens tangibles, le secteur des services tire ses revenus (ou sa raison d'être, dans le cas des organisations sans but lucratif) du fait qu'il fournit à ses clients[4] un ensemble d'avantages intangibles. Dans certains cas, les clients achètent un *faire faire*, c'est-à-dire qu'ils auraient pu réaliser le service eux-mêmes mais choisissent de le confier à un fournisseur de services (par exemple, l'entretien ménager ou la préparation de la paye des employés). Dans d'autres cas, les clients achètent une expertise ou l'accès à des ressources qu'ils ne possèdent pas ou qu'ils sont forcés d'obtenir de l'externe; pensons ici aux soins médicaux, à la réparation d'automobiles ou d'équipements, à la location d'un camion, aux services d'enseignement ou à la vérification comptable, pour ne nommer que quelques exemples.

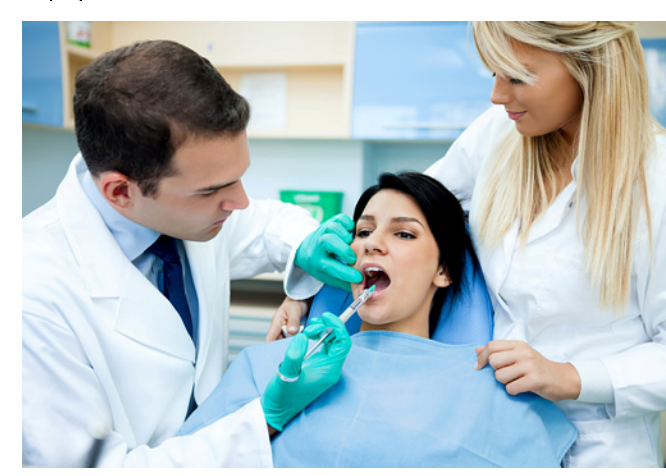
La production des services requiert elle aussi la transformation d'intrants en extrants, mais le schéma de la figure 1.2 doit être modifié pour inclure certaines particularités, comme l'illustre la figure 1.4. Comme pour les biens, le processus de transformation est composé d'une séquence d'opérations, mais la nature de ces opérations est plus variée. Dans certains cas, il peut s'agir de transformations physiques, comme pour les biens (par exemple la réparation ou le nettoyage d'un vêtement ou d'un appareil, une coupe de cheveux ou une chirurgie), mais on trouve aussi des transformations d'ordre psychologique ou intellectuel (dans l'industrie du divertissement, le secteur de l'assurance, les services-conseils, l'enseignement…), des modifications de l'information (le traitement de données financières ou comptables, etc.), des changements de lieu (le transport des personnes ou des marchandises d'un endroit à l'autre), et bien d'autres encore.

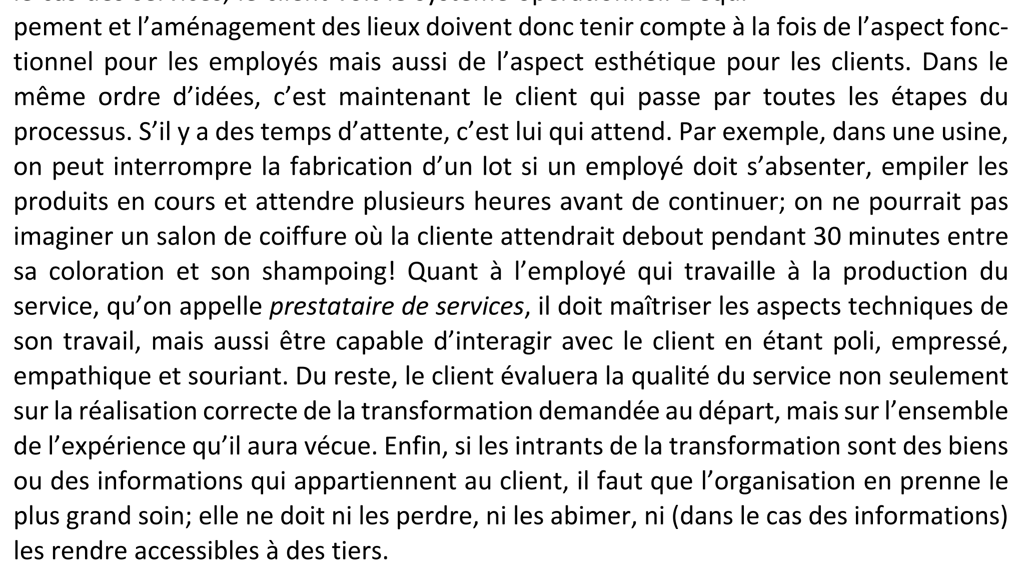
Figure 1.4 **Le processus de production des services**



[4] Pour alléger le texte, on inclura dans le terme *clients* les bénéficiaires des services non payants.

Par ailleurs, les intrants ne sont pas toujours des biens tangibles et, surtout, ils sont fournis par les clients et non pas achetés par l'entreprise qui les transforme. Dans plusieurs services, surtout ceux offerts aux consommateurs, c'est le client lui-même qui subit la transformation : soins médicaux, éducation, soins personnels (esthétique, coiffure, spa…), divertissements (cinéma, casino, bar, restaurant…), transport des personnes (par autobus, par avion…), et bien d'autres encore. Dans d'autres cas, ce sont des biens (au sens large) appartenant au client qui constituent les intrants : sa maison et son terrain (déneigement, entretien paysager, rénovation…), ses possessions (nettoyage à sec, réparation d'électroménagers ou d'équipement industriel, transport des marchandises, services bancaires…), ses enfants ou animaux (services de garde, soins vétérinaires…), ses employés (services de formation, assurances collectives…), etc. Il est aussi possible que la transformation porte sur les informations fournies par les clients : les données comptables sont transformées en rapports d'impôt et en états financiers vérifiés, les données sur le travail des employés sont transformées en chèques de paye, les informations sur les problèmes rencontrés servent de base aux conseils donnés par des psychologues, des avocats, des consultants, etc. Ainsi, puisque c'est le client qui fournit l'intrant et que l'extrant n'est autre que l'intrant transformé, on ne peut pas dire que le client des services achète un extrant : ce qu'il achète, c'est la transformation elle-même.





La nature particulière des intrants du service a des conséquences importantes pour la GOL. D'abord, on ne peut pas procéder à la transformation s'il n'y a pas de client pour fournir les intrants. De plus, si l'intrant est le client lui-même, cela implique qu'il est présent pendant la transformation. Lorsqu'on achète des biens, il est très rare que l'on voie l'usine où ils sont fabriqués, mais dans le cas des services, le client voit le système opérationnel. L'équipement et l'aménagement des lieux doivent donc tenir compte à la fois de l'aspect fonctionnel pour les employés mais aussi de l'aspect esthétique pour les clients. Dans le même ordre d'idées, c'est maintenant le client qui passe par toutes les étapes du processus. S'il y a des temps d'attente, c'est lui qui attend. Par exemple, dans une usine, on peut interrompre la fabrication d'un lot si un employé doit s'absenter, empiler les produits en cours et attendre plusieurs heures avant de continuer; on ne pourrait pas imaginer un salon de coiffure où la cliente attendrait debout pendant 30 minutes entre sa coloration et son shampoing! Quant à l'employé qui travaille à la production du service, qu'on appelle *prestataire de services*, il doit maîtriser les aspects techniques de son travail, mais aussi être capable d'interagir avec le client en étant poli, empressé, empathique et souriant. Du reste, le client évaluera la qualité du service non seulement sur la réalisation correcte de la transformation demandée au départ, mais sur l'ensemble de l'expérience qu'il aura vécue. Enfin, si les intrants de la transformation sont des biens ou des informations qui appartiennent au client, il faut que l'organisation en prenne le plus grand soin; elle ne doit ni les perdre, ni les abimer, ni (dans le cas des informations) les rendre accessibles à des tiers.

La figure 1.4 diffère aussi de la figure 1.2 quant aux ressources de production. Comme pour les biens, la réalisation des services requiert le travail d'employés. Les prestataires de services peuvent être directement en contact avec les clients (on dit alors qu'ils travaillent à l'« avant-scène ») ou encore réaliser des opérations dites d'« arrière-

scène » (par exemple les cuisiniers dans un restaurant, les mécaniciens dans un garage, les employés du Service des compensations dans une banque, etc.). Il faut aussi des outils et de l'équipement, de même que de l'énergie.



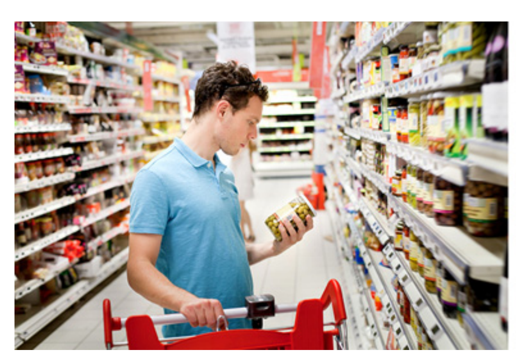

À ces ressources s'ajoute aussi, dans certains services, la possibilité de faire participer le client lui-même à la réalisation du service. Dans la restauration rapide, par exemple, on s'attend à ce que le client aille au comptoir de service, consulte seul le menu, apporte les plats à sa table et mette ensuite ses déchets à la poubelle. Pour bien faire son travail, le consultant en gestion a besoin que les dirigeants lui transmettent des demandes claires et des informations véridiques et précises, et qu'ils acceptent ensuite d'écouter ce qu'il a à dire et d'y réfléchir. Dans plusieurs secteurs des services, on a même éliminé presque entièrement les prestataires à l'avant-scène et l'on demande aux clients de faire eux-mêmes tout le travail : c'est ce qu'on appelle le ***libre-service***. Pour que les opérations de libre-service connaissent du succès, il faut toutefois que les étapes du processus et les supports physiques soient conçus en fonction des besoins et des capacités physiques et intellectuelles des clients, et que ces derniers puissent facilement trouver de l'aide en cas de problème.

Finalement, on aura constaté que le schéma de la figure 1.4 comporte un bloc de plus que celui de la figure 1.2 : les biens en support au service. Même si les services sont constitués d'un ensemble d'avantages intangibles, un de ces avantages peut être l'accès à des biens et même, dans certains cas, leur consommation. Par exemple, les entreprises de location (de véhicules, d'outils, d'équipement, d'espace d'entreposage, etc.) vendent non pas ces objets eux-mêmes mais la possibilité d'en disposer pendant un certain temps. C'est aussi le cas des hôtels (on loue l'accès à une chambre ou à une salle de réunion) et de l'immobilier locatif (la location de bureaux, d'espaces commerciaux ou d'appartements). Dans l'industrie du divertissement, l'accès à un lieu qui permet de s'évader ou de se plonger dans une ambiance particulière fait partie intégrante du service rendu. On pensera notamment aux parcs d'attractions, aux stades sportifs, aux musées et aux bars. Dans le secteur de la restauration, le client ne fait pas qu'acheter un plat préparé (ce qui lui évite de se faire à manger et lui donne accès à l'expertise d'un chef cuisinier), il loue un espace et une ambiance de consommation qui lui permettent de passer une soirée avec un groupe d'amis. Autrement dit, les biens en support au service incluent l'ensemble de l'aménagement, du mobilier et des technologies situés à l'avant-scène du service, tous les objets prêtés ou loués aux clients, de même que tous les biens consommés par le client pendant la réalisation du service (aliments, boissons, fournitures, etc.).

Le secteur commercial

Le secteur commercial (distributeurs et détaillants) est un cas particulier des services. Ostensiblement, les clients y achètent des biens, mais ces biens ne sont pas fabriqués par les commerçants (et donc, ils ne sont pas leurs extrants). La valeur que les commerçants ajoutent, et qui justifie un prix de vente plus élevé que celui du fabricant, est bel et bien constituée d'un ensemble d'avantages intangibles. Considérons l'exemple d'un supermarché : les clients en ressortent avec des sacs remplis de biens tangibles, mais ce que le supermarché a véritablement offert, c'est la variété des produits (viandes et produits laitiers, frais et en conserve, nombreuses marques et formats…), la disponibilité immédiate (on n'a qu'à prendre les produits sur les tablettes et passer à la caisse), la proximité du domicile, le fractionnement des lots (on peut acheter sans problème une seule pomme ou un seul pot de cornichons), et ce, sans compter les services plus évidents (livraison, retour des contenants vides, dégustations, stationnement, etc.). En ce sens, il est indéniable que les distributeurs et les détaillants sont des entreprises de services. Par contre, il est plus difficile de dire que l'intrant est fourni par les clients. En fait, il s'agit d'un service d'intermédiation entre des fabricants qui ont des biens à distribuer et des clients qui veulent les acheter, et l'on pourrait dire que les deux parties sont à la fois les intrants et les extrants du processus : le producteur possédant les biens et le client qui ne les possède pas sont « transformés » par le transfert des biens de l'un à l'autre. Le commerçant facilite la transaction et y sert d'intermédiaire, de la même façon que la banque sert d'intermédiaire entre des prêteurs et des emprunteurs.

Du point de vue de la GOL, le secteur commercial chevauche les opérations industrielles et de services. D'un côté, on y retrouve, et de manière très intensive, la plupart des activités logistiques propres au secteur manufacturier : prévision de la demande, gestion des stocks, planification des activités de transport et de distribution, déchargement et déballage, retour des articles invendus, etc. De l'autre côté, dans le cas du commerce de détail (et chez certains distributeurs), le client doit se rendre sur les lieux (physiques ou virtuels, dans le cas du commerce en ligne) et s'y déplacer pour chercher ce qu'il veut, puis passer à la caisse. Le processus de recherche et d'achat doit donc être conçu en fonction de la présence du client et du travail qu'on exige de lui.



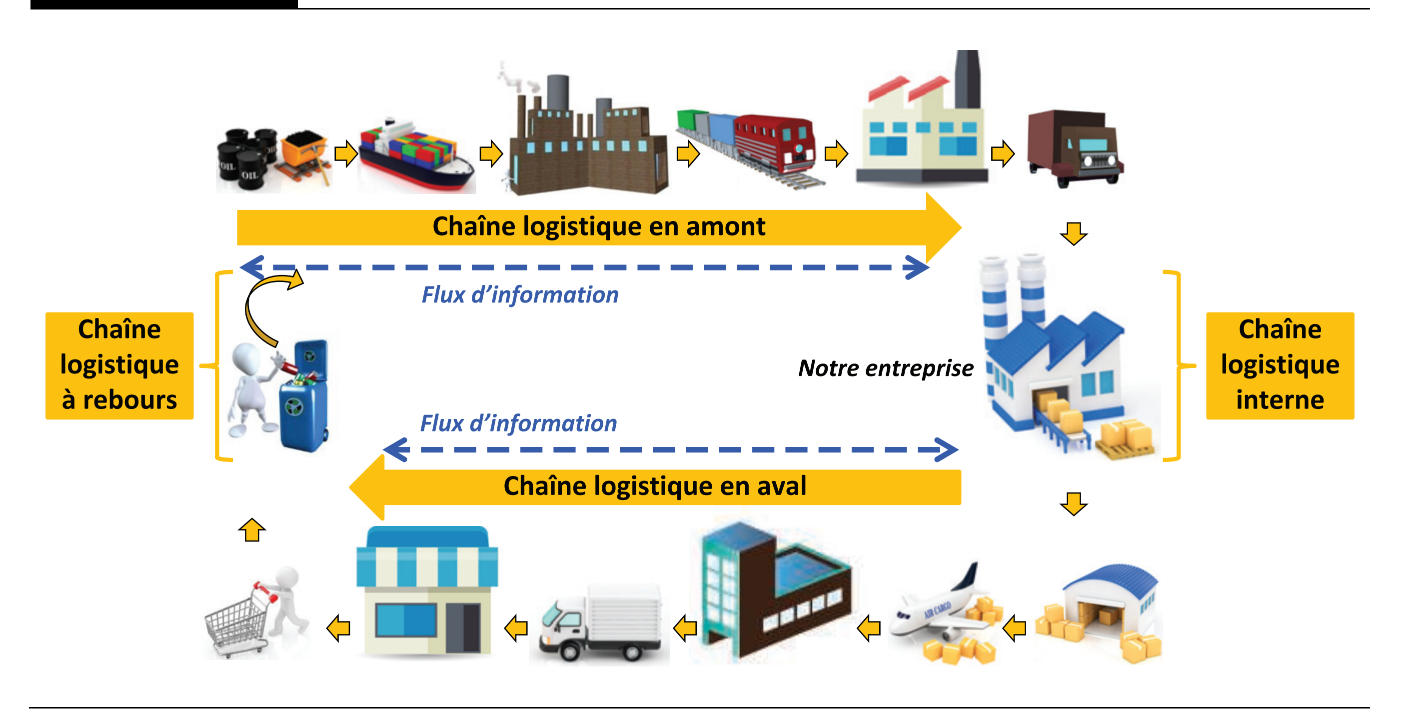

1.7 La gestion de la chaîne logistique

Une bonne partie du travail quotidien des gestionnaires des opérations consiste à s'occuper d'un aspect ou l'autre de la chaîne logistique. Le terme *logistique* vient du domaine militaire, où cette activité consiste à organiser et à fournir aux soldats en mission tout ce dont ils ont besoin pour vivre et pour faire leur travail efficacement (munitions, aliments, tentes, véhicules, etc.). La logistique a un sens similaire en gestion

puisqu'elle est responsable de l'obtention et de l'acheminement de tous les biens matériels et services dont l'organisation a besoin pour fonctionner efficacement, pour réaliser ses propres produits et pour les livrer à ses clients. Une façon simple de résumer le tout est de dire que la logistique a pour but de livrer le bon produit au bon endroit, au bon moment, en bonne quantité, en bon état et au moindre coût possible.

Chaque organisation fait partie d'une chaîne logistique, tel qu'illustré à la figure 1.5. Le point de départ du schéma est situé au centre de la chaîne et constitué par notre entreprise. Pour fonctionner, notre entreprise a besoin d'une variété de matières premières, de fournitures, de sources d'énergie et de services qu'elle se procure auprès des entreprises qui constituent la *chaîne logistique en amont* (ou chaîne d'approvisionnement). Par exemple, si notre entreprise utilise des pièces en plastique, elle se les procure probablement auprès d'une autre entreprise qui, elle, fabrique ces pièces. Pour les fabriquer, cette dernière doit elle aussi s'approvisionner auprès de fournisseurs de plastique brut. On remonte ainsi la chaîne jusqu'à la source, l'extraction du pétrole qui est à la base de la synthèse des matières plastiques. Tout au long de cette chaîne logistique en amont, les matières circulent d'amont en aval (flèche orangée), alors que les informations qui permettent de les obtenir circulent dans les deux directions (flèche bleue). Entre les entreprises industrielles qui composent la chaîne, différents modes de transport (qui appartiennent le plus souvent à des entreprises de services spécialisées dans ce domaine) sont utilisés pour acheminer les produits. La gestion de la chaîne logistique en amont consiste donc à planifier, à coordonner et à contrôler toutes les activités qui assurent que les produits désirés parviendront à notre entreprise au bon moment, dans la bonne quantité, en bon état et de la manière la plus économique possible.

Figure 1.5 **La chaîne logistique globale**



Puis, au sein de notre entreprise, on trouvera la *chaîne logistique interne*, qui assure le flux des matières et de l'information entre les étapes de transformation par lesquelles on réalise nos produits et on les prépare pour la distribution. La gestion de cette chaîne interne inclut toutes les activités liées à l'approvisionnement, à la planification et au contrôle des opérations, à la gestion des stocks et à la planification de la distribution aux clients. Autrement dit, on vise ici à ce que chacune des étapes de transformation obtienne elle aussi les matières et produits en cours dont elle a besoin pour travailler, et ce, toujours au bon moment, au bon endroit, en bonne quantité, etc.

Dès que les produits sortent de nos installations, ils entrent dans la *chaîne logistique en aval* (ou chaîne de distribution), qui peut être plus ou moins longue selon le nombre d'intermédiaires qui séparent notre usine des utilisateurs finaux de nos produits. Si notre entreprise fabrique des biens de consommation courante, nos produits seront probablement livrés à des distributeurs, puis à des détaillants. Toutefois, notre entreprise pourrait elle-même être située en amont d'autres fabricants; pour reprendre notre exemple, peut-être que les pièces de plastique que nous avons achetées servent à fabriquer des batteries qui sont destinées à l'industrie automobile. À la figure 1.5, nous avons mis notre entreprise au centre de la chaîne logistique, mais elle peut être située n'importe où : l'entreprise de pétrochimie qui fabrique le plastique a une longue chaîne logistique en aval mais une courte chaîne en amont, alors que le détaillant en pièces d'auto qui vend aux garagistes ou aux particuliers est à la toute fin de la chaîne, et c'est sa chaîne logistique en amont qui est longue.

Il existe enfin une quatrième chaîne, la *chaîne logistique à rebours*. La figure 1.5 indique que son point de départ est le consommateur final qui met ses déchets au recyclage, mais en fait, la chaîne à rebours peut partir de n'importe quelle organisation qui retourne des matières aux entreprises situées en amont. Ces retours peuvent être des surplus de marchandises, ou encore des contenants ou des matériaux d'emballage. Il peut aussi s'agir de déchets recyclables qui sont confiés à des firmes spécialisées dans la récupération des matières et qui les réinsèrent ensuite dans la chaîne. Ensemble, la logistique en amont, en aval et à rebours forment la chaîne logistique externe (par opposition à la chaîne logistique interne), et en mettant ensemble la chaîne interne et la chaîne externe, on obtient la chaîne logistique globale. Plus largement encore, l'entrecroisement des chaînes logistiques forme un vaste réseau logistique composé de l'ensemble des entreprises qui se fournissent l'une l'autre des biens et des services.

La mondialisation des rapports commerciaux et la délocalisation de certaines activités de production ont rendu plus complexe et plus importante que jamais la gestion de la chaîne logistique. La majorité des biens qui nous entourent sont constitués de matières et de pièces qui viennent d'un peu partout dans le monde, et beaucoup d'entre eux ont été assemblés à l'étranger. La plupart sont passés par de multiples étapes de transport et d'entreposage. Heureusement, l'évolution récente et continue des technologies de l'information et des communications soutient le travail des gestionnaires de la logistique. Par exemple, le flux des matières peut être suivi de près grâce au RFID et au GPS, et le flux des informations est facilité par les systèmes d'échange électronique des données et par Internet. La numé-



risation des informations a joué un rôle central dans l'évolution des pratiques logistiques : elle a permis de partager et d'intégrer les informations détenues par les différentes entreprises qui forment la chaîne, ce qui s'est traduit par la possibilité d'intégrer aussi le flux des matières. Si l'on reprend l'exemple de notre entreprise (figure 1.5), au lieu d'essayer de prévoir la demande provenant du distributeur, qui lui essaie de prévoir la demande du détaillant, on peut obtenir en temps réel des informations sur les transactions réalisées au point de vente (on sait qu'une unité est vendue dès que son code-barres est balayé à la caisse) et, en fonction de l'état des stocks du distributeur (aussi disponible en temps réel), commencer à planifier la production. C'est ce qu'on appelle la *chaîne logistique intégrée*.

Le pilotage de la chaîne logistique interne représente une bonne partie du travail quotidien des gestionnaires des opérations et de la logistique. Les décisions qu'on y prend sont surtout d'ordre tactique, c'est-à-dire qu'elles visent à mettre en œuvre les décisions stratégiques. Nous consacrerons à ces décisions toute la première partie du livre. Le chapitre 3 traitera de la gestion des stocks, les chapitres 4, 5 et 6 approfondiront les différentes étapes de planification et de contrôle de la production et des matières, alors que le chapitre 7 portera sur l'approvisionnement et présentera un survol des activités de distribution. Ils seront précédés d'un chapitre sur la prévision de la demande (chapitre 2), toute planification devant s'appuyer sur une bonne estimation des quantités requises. Soulignons que la logistique externe, la logistique à rebours et l'intégration de la chaîne logistique ne seront pas traitées dans ce manuel, mais le lecteur peut se référer à de nombreux ouvrages spécialisés sur le sujet.

1.8 La conception et l'amélioration du système opérationnel

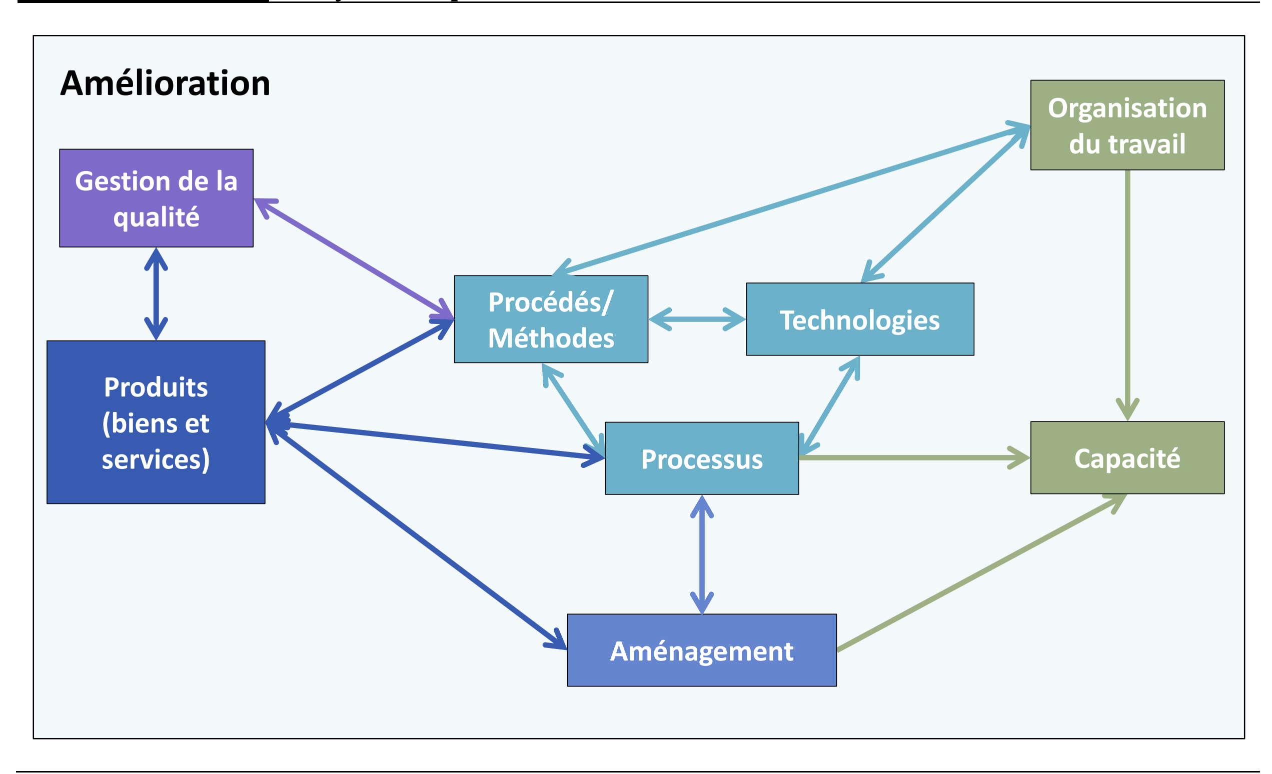
Tel que défini précédemment, le système opérationnel est constitué de l'ensemble structuré des ressources et moyens mis en place pour réaliser les produits (biens ou services). Au moment de sa création, chaque organisation doit élaborer et mettre en place son système opérationnel, puis voir à ce qu'il soit continuellement amélioré et réajusté en fonction des changements de l'environnement et de l'évolution des besoins. Il s'agit là essentiellement de décisions stratégiques et structurelles, auxquelles s'ajoutent certains choix tactiques. Par exemple, les gestionnaires doivent se demander :

- Quels biens allons-nous fabriquer et quels services allons-nous offrir?
- Quel volume de production voulons-nous atteindre?
- Quelles sont les grandes étapes du processus de réalisation des biens et des services et comment doit-on les agencer?
- Quels procédés, quelles technologies et quelles méthodes de travail devrions-nous adopter?
- Comment les lieux de production et de service seront-ils aménagés?
- En fonction des choix qui sont faits, combien faudra-t-il de temps pour fabriquer chaque produit ou servir chaque client? Aurons-nous une capacité suffisante pour répondre à la demande?

- Comment va-t-on procéder pour s'assurer que les biens et les services sont de la qualité désirée?
- Quels moyens mettra-t-on en place pour assurer que les éléments qui composent le système opérationnel feront l'objet de révisions régulières et qu'on cherchera à les améliorer?

Comme on peut le voir, il s'agit de choix majeurs. La plupart de ces décisions entraînent des investissements importants et ne peuvent pas être changées facilement. Elles ont donc des conséquences à moyen et à long terme sur la capacité de l'organisation à atteindre ses objectifs stratégiques. Enfin, ces décisions sont interreliées, comme l'illustre la figure 1.6.

Figure 1.6 **Les décisions de conception du système opérationnel et leurs interrelations**



Il va de soi que la conception et la mise en place du système opérationnel précèdent dans le temps le pilotage quotidien des opérations, mais comme ce sont des activités de gestion moins fréquentes et qui sont généralement prises par des gestionnaires plus expérimentés, nous avons choisi de les présenter en deuxième partie. Ainsi, le chapitre 8 abordera la conception et l'évolution des produits. On y verra comment ces derniers sont liés aux procédés, méthodes et technologies à employer, et au processus de production dans son ensemble. L'aménagement étant aussi lié au choix du processus et aux produits eux-mêmes, il sera également présenté dans ce chapitre. Ensuite, le chapitre 9 traitera plus finement de l'organisation du travail et du calcul du temps standard (en gros, le temps requis pour fabriquer une unité ou servir un client). Lorsqu'on considère

simultanément les choix de processus et d'aménagement, de même que le temps standard, on peut déterminer la capacité de production et analyser les éléments qui l'influencent. Finalement, le chapitre 10 présentera les systèmes de gestion de la qualité et les méthodes de contrôle de la qualité des produits et des procédés. On y approfondira aussi les notions d'amélioration qui auront été introduites au chapitre 9. Au fur et à mesure qu'on avancera dans ces chapitres, on comprendra mieux les nombreux liens présentés à la figure 1.6, de même que l'importance des arbitrages et de la cohérence lors des décisions de conception et d'amélioration du système opérationnel.

1.9 Synthèse du chapitre

Puisque toutes les organisations tirent leurs revenus ou leur raison d'être de la réalisation de biens ou de services, elles doivent toutes gérer des opérations. Les grandes entreprises et un nombre croissant de PME, particulièrement dans le secteur industriel, confient ce travail à des spécialistes de la GOL. Ces derniers voient d'abord à mettre en place un système opérationnel bien conçu, qui pourra à la fois atteindre les cibles fixées pour chacun des attributs stratégiques et obtenir un bon niveau de productivité. Mais le moment de vérité survient lors de la production des biens et des services : c'est là que le travail quotidien des gestionnaires des opérations assure que les activités se déroulent de manière efficace et efficiente.

Malheureusement, beaucoup d'organisations de services n'ont pas encore pris l'habitude d'embaucher des spécialistes de la GOL; elles confient souvent ce travail à des employés qui y travaillent depuis longtemps et ont gravi les échelons. On croit que seuls ceux qui connaissent à fond leur secteur d'activité sont en mesure de comprendre et de bien gérer les opérations de service. C'est parfois vrai, mais ces organisations se privent ainsi des avantages que pourraient leur apporter des diplômés maîtrisant les méthodes de gestion des stocks, les principes d'un sain approvisionnement, les techniques de planification du travail et de préparation des horaires, les outils de calcul et de gestion des files d'attente, les secrets de la gestion de la qualité, et bien d'autres encore. Toutefois, si l'histoire se répète, on devrait retrouver d'ici quelques années davantage de spécialistes de la GOL dans les entreprises de services. Rappelons-nous qu'il y a 40 ans à peine, les dirigeants d'usines croyaient fermement que seuls les ingénieurs industriels étaient capables de gérer les opérations. Or, de nos jours, les ingénieurs et les diplômés en GOL travaillent côte à côte, et leurs expertises se complètent. Il faut donc être patient et démontrer constamment ce que les connaissances spécifiques à la GOL peuvent apporter.

Par ailleurs, même si l'on considère généralement les entreprises industrielles et de services comme deux catégories distinctes et ayant chacune leurs particularités, il y a beaucoup de chevauchements. D'abord, pratiquement toutes les entreprises industrielles offrent certains services, ne serait-ce que les facilités de paiement, la livraison ou le service après-vente. Bon nombre de fabricants d'équipements proposent aussi des services d'installation ou de formation, ou encore des programmes d'entretien. À l'inverse, rares sont les services qui n'ont pas à effectuer certaines transformations physiques sur des biens, ne serait-ce que l'entretien des lieux et des supports physiques (mobilier, accessoires, outils, matériel roulant, équipement…). Dans d'autres cas, la prestation de service elle-même requiert des transformations physiques dont les exigences sont similaires aux opérations industrielles. C'est le cas de la restauration, mais aussi des services de réparation, des buanderies commerciales, etc.

Il y a une vingtaine d'années à peine, on différenciait la production des biens de celle des services par la notion de tangibilité : les biens étaient tangibles, alors que les services ne l'étaient pas. Toutefois, le phénomène dit de *dématérialisation* a permis l'apparition de « biens intangibles ». Les livres, les magazines et les journaux sont de plus en plus remplacés par des fichiers numériques, et il en va de même de la musique, des vidéos et des logiciels, que l'on télécharge directement plutôt que de les acheter sous forme tangible. Notons que ces produits peuvent encore être qualifiés de « biens », puisqu'ils sont conçus et réalisés indépendamment de la demande du client, et offerts une fois terminés. Leur distribution, cependant, prend maintenant la forme d'un service de location des fichiers numériques (dont on peut se servir mais qu'on ne peut pas prêter à d'autres) plutôt que de la vente de produits numériques qui nous appartiennent en propre et dont on peut disposer comme on veut.

Finalement, que l'on considère la production des biens ou celle des services, la plupart des principes et des méthodes de gestion des opérations et de la logistique sont fondamentalement les mêmes. C'est pourquoi cet ouvrage ne consacre pas de chapitre particulier à la gestion des entreprises de services; on cherchera plutôt, dans chaque chapitre, à illustrer comment les concepts et les outils s'appliquent à chaque secteur, et à fournir des exemples provenant de diverses industries.

Questions de révision

Vrai ou faux?

1.	Le terme *produit* désigne seulement les biens tangibles; si l'entreprise réalise des services, on ne peut pas dire qu'il s'agit de produits.	
2.	Les gestionnaires des opérations et de la logistique entretiennent des liens étroits avec les gestionnaires de toutes les autres fonctions de l'organisation.	
3.	La GOL s'est développée en intégrant un ensemble de découvertes techniques et de connaissances sur les aspects sociaux et stratégiques des organisations.	
4.	Les attributs stratégiques sont composés de six variables clés : la qualité, les délais, le volume, le prix, la variété et la flexibilité.	
5.	L'efficacité, c'est bien faire les choses alors que l'efficience, c'est faire la bonne chose.	
6.	Compte tenu de l'importance de la technologie sur les opérations, c'est nécessairement l'élément de l'environnement PESTEL qui a le plus d'influence sur la GOL.	
7.	La stratégie des opérations est choisie par les dirigeants de l'organisation et appliquée telle quelle par les gestionnaires et les employés travaillant aux opérations et à la logistique.	
8.	La notion d'arbitrage réfère au fait qu'il faut parfois trancher entre différentes options, et donc privilégier certains objectifs au détriment des autres.	
9.	Dans le contexte d'assemblage sur commande, l'entreprise utilise les prévisions de demande pour fabriquer et stocker les composants, puis procède à l'assemblage une fois que les commandes sont reçues.	
10.	Un *lot* est un groupe de produits identiques et qui passent ensemble par les mêmes étapes de transformation.	
11.	Dans les entreprises de services, les clients achètent les extrants de la transformation.	
12.	Les biens en support au service désignent toutes les matières qui sont transformées pour réaliser les extrants.	
13.	La chaîne logistique en amont est constituée des entreprises qui distribuent et vendent les biens fabriqués par les entreprises situées en aval.	
14.	Dans la chaîne logistique, le flux des informations va dans les deux directions : d'amont en aval et d'aval en amont.	
15.	Le phénomène de *dématérialisation* réfère à l'apparition de biens intangibles, tels que les fichiers texte, musicaux et vidéo qu'on peut télécharger plutôt que de les acheter en format physique.	

Problème résolu

1. McDonald’s du Canada

Le texte est tiré du site web de l’entreprise :

C’est en 1967 que le premier restaurant McDonald’s à l’extérieur des États-Unis ouvre ses portes, à Richmond, en Colombie-Britannique. Chaque jour depuis, McDonald’s du Canada est fière de proposer à ses clients le même bon goût, le même rapport qualité-prix avantageux, la même qualité et le même service supérieur qui ont façonné la renommée de McDonald’s à l’échelle mondiale. Aujourd’hui, McDonald’s compte plus de 1 400 restaurants au Canada, dessert environ trois millions de Canadiens et Canadiennes, chaque jour, et emploie environ 77 000 Canadiens d’un bout à l’autre du pays.

Si McDonald’s devait dévoiler la recette de ses fameux hamburgers, vous seriez surpris de leur courte liste d’ingrédients. Nos hamburgers sont faits uniquement de bœuf pur à 100 % et assaisonnés de sel et de poivre en restaurant. C’est tout. Aucun additif, aucun agent de remplissage, aucun agent liant. Chaque pâté est façonné à l’aide d’un appareil spécialisé. Lorsque vous commandez un hamburger chez McDonald’s, il est préparé comme vous l’aimez. Il est cuit sur un gril à rabat et garni des condiments de votre choix avant de vous être servi. La préparation d’un hamburger peut sembler simple, mais avant qu’un sandwich Big Mac®, par exemple, ne soit servi à un client, il a fait l’objet de plus de 60 vérifications différentes de qualité et d’hygiène alimentaire. Nous prenons notre bœuf au sérieux.

À partir de l’information présentée et de vos connaissances et expériences chez McDonald’s, répondez aux questions suivantes :

1.1 Faites un dessin illustrant la chaîne logistique d’un sandwich Big Mac du premier fournisseur de matières premières jusqu’au client final.

1.2 Quelles sont les raisons qui poussent les entreprises (dont McDonald’s) à gérer activement leur chaîne logistique? Donnez et expliquez deux raisons pertinentes.

1.3 McDonald’s offre à ses clients des produits et des services. En considérant exclusivement l’offre de services de McDonald’s, quels sont les intrants, la transformation centrale et les extrants du processus réalisé par les restaurants McDonald’s?

1.4 Comment l’entreprise se positionne-t-elle en regard des attributs stratégiques?

1.5 Expliquez comment l’impossibilité de stocker le service offert par McDonald’s affecte la gestion des opérations des restaurants. Mentionnez de quelle manière McDonald’s s’ajuste à cette réalité.

1.6 Expliquez comment l’implication du client dans le processus de service offert par McDonald’s affecte la gestion des opérations des restaurants. Mentionnez de quelle manière McDonald’s s’ajuste à cette réalité.

1.7 Donnez deux exemples de l’environnement technologique du système opérationnel de McDonald’s et expliquez comment ces deux éléments influencent les opérations des restaurants McDonald’s.

1.8 Présentez et décrivez trois responsabilités de la fonction logistique chez McDonald’s.



2 La prévision de la demande

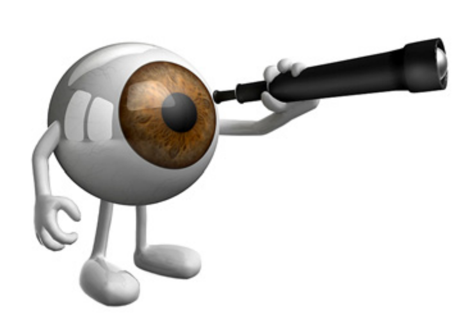
Objectifs d'apprentissage

À la fin de ce chapitre, vous devriez être capable :

- d'expliquer le rôle et les enjeux des prévisions dans l'organisation;
- de distinguer la demande indépendante de la demande dépendante;
- d'identifier et de comprendre les composantes de la demande (saisonnalités, conditions du marché, cycle de vie du produit, composante endogène, composante résiduelle);
- de distinguer les méthodes de prévision qualitatives et quantitatives, et de comprendre comment elles peuvent se compléter;
- de faire des prévisions de demande en utilisant quelques méthodes de base : moyenne mobile et moyenne mobile pondérée, lissage exponentiel simple, analyse de base de la tendance, calcul de l'indice de saisonnalité;
- de comprendre les avantages et les limites de chacune de ces méthodes, et d'évaluer leur degré d'exactitude à l'aide des différentes mesures d'erreurs.

2.1 La notion de prévision de la demande

Prévoir, c'est « voir avant ». Quels que soient les biens fabriqués ou les services rendus par les organisations, il est rarement possible de les réaliser de manière instantanée. Il est donc nécessaire d'estimer à l'avance les quantités de ces biens et services qui seront demandées, de manière à planifier les ressources et à obtenir les stocks qui permettront de satisfaire à la demande. En ce sens, les prévisions sont le point de départ de toutes les opérations de gestion de la chaîne logistique. L'efficacité du travail de planification dépend directement du degré de précision et de fiabilité des prévisions.



Bien que prévoir la demande du marché soit généralement la responsabilité du marketing ou du Service des ventes, les gestionnaires des opérations doivent comprendre comment on les obtient pour être capables d'évaluer leur précision et les risques qui y sont reliés. Le gestionnaire des opérations est aussi responsable de prévoir la consommation des différents produits utilisés à l'intérieur de l'organisation (fournitures, pièces de rechange, produits d'entretien, etc.).

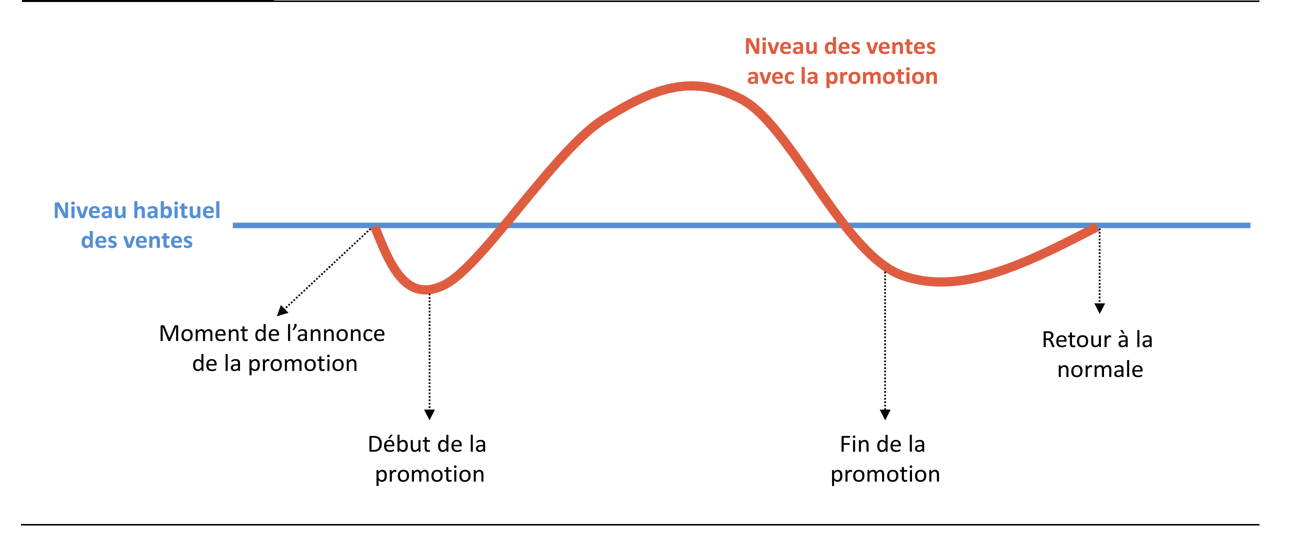
En gestion des opérations, on distingue deux types de demande : la demande indépendante et la demande dépendante. La **demande indépendante** réfère aux produits finis vendus aux clients ou consommés à l'interne. Par exemple, pour un fabricant de chaussures, les paires de chaussures prêtes à la vente sont soumises à une demande indépendante; il en va de même pour un grand bureau d'avocats qui cherche à prévoir la quantité de caisses de papier à acheter pour ses imprimantes et ses photocopieuses. Pour une banque, le nombre de clients qui viendront ouvrir un nouveau compte pendant l'année est aussi une demande indépendante. Pour ces produits et services, il est essentiel de prévoir la demande pour planifier les opérations et gérer les stocks. Un supermarché ne peut déterminer la quantité de litres de lait à mettre sur ses tablettes s'il ne dispose pas de bonnes prévisions de la demande des clients.

La **demande dépendante**, quant à elle, concerne les matières premières et composants qui entrent dans la fabrication des produits finis. Par exemple, pour le fabricant de chaussures, la quantité d'empeignes à produire et la quantité de cuir et de talons à acheter dépendent directement de la quantité de paires de chaussures qu'il pense vendre. Pour les articles à demande dépendante, la quantité à fabriquer ou à acheter n'a pas à être prévue, elle est simplement calculée à partir de la demande des produits finis, comme on le verra en détail au chapitre 5. Cependant, il peut arriver que des articles soient soumis à la fois à une demande dépendante et à une demande indépendante. Pour un manufacturier de vélos, par exemple, les composants tels que les roues ou les freins sont normalement incorporés dans les produits finis (les vélos) mais ils peuvent aussi être vendus tels quels comme pièces de rechange. En tant que composants, on calcule les besoins en roues et en freins à partir des quantités de vélos fabriqués (demande dépendante), mais en tant que pièces de rechange, la demande est indépendante et doit faire l'objet de prévisions.

Précisons dès maintenant certaines caractéristiques des prévisions :

1) Elles ne peuvent jamais être parfaitement exactes : il reste toujours une marge d'erreur, qu'il faut connaître et dont on doit tenir compte;
2) Plus l'horizon de planification augmente, plus la précision des prévisions diminue. Autrement dit, il faut accorder aux prévisions à long terme (plusieurs trimestres, voire plusieurs années à l'avance) une marge d'erreur plus élevée que pour les prévisions à court et à moyen terme (quelques semaines ou quelques mois à l'avance);
3) Les prévisions sont habituellement plus précises pour une famille de produits que pour chaque produit distinct. Par exemple, pour une entreprise comme Toyota, on peut prévoir avec davantage de précision les ventes globales de chacune des catégories de véhicules (berlines, véhicules utilitaires sport, camionnettes…) pour les prochains trimestres que les ventes de chacun des modèles d'une catégorie (Corolla, Camry, Prius, etc.). Si l'on essayait de prévoir les ventes de chacune des versions de chaque modèle ou de chacune des couleurs de chaque version, le degré d'imprécision augmenterait encore;
4) Plus la demande est volatile, plus il est difficile de faire des prévisions précises. Par exemple, la demande des produits et services de première nécessité (le lait, l'électricité…) est moins affectée par les aléas de l'économie que la demande des produits et services dont on peut facilement se passer (les bijoux, les billets de spectacles…); elle est donc plus facile à prévoir. Les entreprises devraient aussi bien réfléchir avant de prendre des décisions qui pourraient contribuer à augmenter la volatilité de la demande pour leurs produits. Pour un fabricant d'automobiles, ajouter des modèles, des versions et des couleurs rend la demande exacte de chacun des produits plus difficile à prévoir. De même, plusieurs décisions relevant du marketing (les promotions, les soldes, etc.) créent elles-mêmes de l'instabilité dans la demande, comme l'illustre la figure 2.1;

Figure 2.1 **Impact d'une promotion sur la volatilité de la demande**



5) Les prévisions demandent du temps et des ressources pour la collecte et le traitement de l'information, et leur coût augmente avec le degré de précision recherché. Par contre, ne pas faire de prévisions ou avoir des prévisions peu fiables aura pour conséquence des pénuries ou des surplus de stock ou de capacité qui peuvent eux aussi s'avérer très coûteux. Compte tenu de ce constat, on choisira différentes méthodes de prévision et différents degrés de précision selon l'importance de chacun des produits et services dont on doit prévoir la demande.

2.2 En quoi les prévisions sont-elles importantes pour moi?

Si je travaille en :

- **finance**, j'utiliserai les prévisions à long terme pour estimer les besoins futurs en capital;
- **gestion des ressources humaines**, j'utiliserai les prévisions pour évaluer les besoins en main-d'œuvre;
- **gestion des systèmes d'information de gestion**, je devrai développer et maintenir les outils nécessaires pour cumuler les données historiques et générer les prévisions;
- **marketing et ventes**, je serai directement impliqué dans le travail de prévision des ventes et de la demande du marché; on comptera sur moi en particulier pour fournir les informations quantitatives et qualitatives découlant de la recherche commerciale et à partir desquelles on peut évaluer la demande future à court, moyen et long terme. Je devrai aussi collaborer de près avec les responsables des opérations et de la logistique avant de décider d'annoncer des promotions ou des soldes, puisque ces derniers ont un effet important sur la demande;
- **gestion des opérations et de la logistique**, je développerai et j'utiliserai les prévisions de demande internes et externes pour déterminer les quantités à commander ou à fabriquer, gérer les stocks, planifier les opérations à court, moyen et long terme, établir les horaires de la main-d'œuvre et évaluer les besoins en capacité à long terme.



2.3 Les facteurs qui influencent la demande

Pourquoi la demande varie-t-elle? On peut identifier cinq groupes de facteurs distincts :

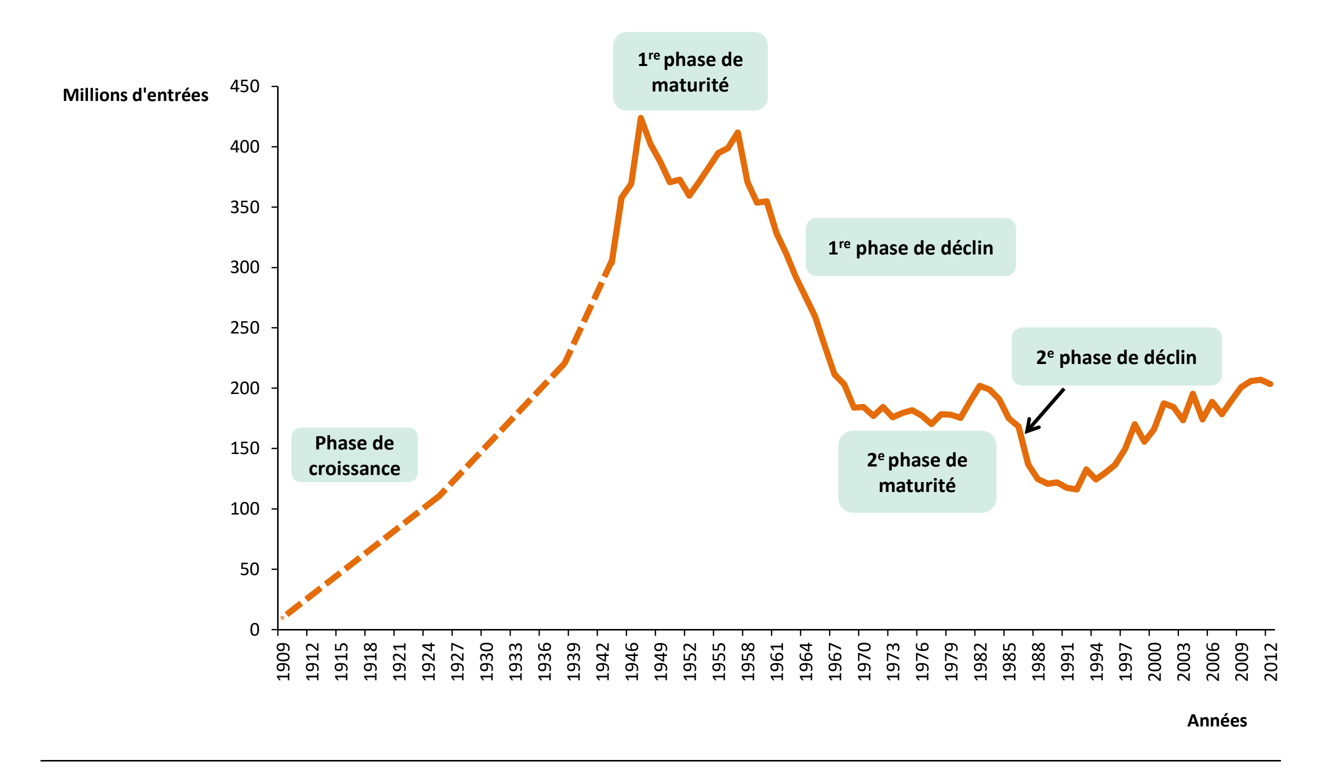
1) **La saisonnalité :** la très grande majorité des biens et des services sont soumis à des variations saisonnières, c'est-à-dire que la demande augmente puis diminue de manière régulière et prévisible, et ce, sur un horizon d'un an ou moins. Par exemple, la demande de vélos augmente au printemps et au début de l'été mais diminue à l'automne, alors que la demande de planches à neige augmente à l'automne et à l'hiver mais diminue au printemps. Pour les biens tangibles, la saisonnalité est surtout annuelle, c'est-à-dire que le cycle entier se répète à tous les ans. Dans le cas des services, on retrouve également des saisonnalités mensuelles (le cycle se répète tous les mois, par exemple, les banques sont plus achalandées au début du mois), des saisonnalités hebdomadaires (le cycle se répète toutes les semaines, par exemple, les bars sont plus achalandés vers la fin de la semaine) et des saisonnalités quotidiennes (le cycle se répète tous les jours, par exemple, le métro est plus achalandé entre 7 h et 9 h, puis entre 16 h et 18 h);

2) **Les conditions du marché :** tous les éléments de l'environnement PESTEL (politique, économique, social, technologique, environnemental, législatif) sont susceptibles d'avoir un effet sur le marché et, conséquemment, sur la demande. Par exemple, la demande pour les véhicules électriques est directement influencée par les prix de l'essence, l'amélioration des technologies (autonomie des piles, vitesse de recharge), les engagements des gouvernements à réduire les émissions des gaz à effets de serre, les pressions des écologistes, etc. Elle est aussi influencée par les cycles économiques (la succession des périodes d'expansion et de récession) et par les cycles industriels (l'arrivée d'un grand nombre de concurrents qui essaient de pénétrer le marché, suivie d'un élagage progressif des entreprises moins performantes). Les fluctuations de la demande causées par le marché peuvent s'exprimer sous la forme d'une tendance à long terme ou à moyen terme, mais aussi à plus court terme, comme dans le cas des actions d'entreprises concurrentes (prix, promotions, publicité, etc.);

3) **Le cycle de vie du bien ou du service :** lorsqu'un tout nouveau produit ou service apparaît sur le marché, la demande est faible puisqu'il n'est pas encore connu. S'il répond à un besoin et qu'il est bien mis en marché, sa demande va normalement augmenter assez rapidement et éventuellement se stabiliser. Si le besoin disparaît, ou si de nouveaux produits ou services qui y répondent mieux font leur apparition, la demande diminuera, soit pour atteindre un nouveau plateau, soit pour disparaître complètement. Le cycle de vie d'un produit s'étend normalement sur plusieurs années, voire sur plusieurs décennies, à moins que sa popularité soit un effet de mode (auquel cas son cycle de vie sera court). Le cycle de vie influence donc la demande à relativement long terme. La figure 2.2 illustre cet effet à l'aide de statistiques sur la fréquentation des cinémas en France, et ce, depuis les premiers jours. Comme on le voit, la phase de croissance s'est poursuivie pendant près de quarante ans (1909-1945); la première phase de maturité (1946-1958) a été de courte durée, l'arrivée de la télévision comme produit de remplacement

ayant fait chuter la demande, qui s'est ensuite stabilisée (2e plateau, 1969-1982). L'arrivée du magnétoscope (remplacé depuis par le lecteur DVD et par l'enregistreur numérique) et des clubs vidéo s'est traduite par une seconde phase de déclin (1983-1988), suivie d'une certaine remontée (probablement due à l'arrivée des mégaplex, qui ont amélioré l'expérience de visionnement en salle); on atteindrait présentement un nouveau plateau;

Figure 2.2 **Impact du cycle de vie sur la demande – L'industrie des salles de cinéma en France, 1909-2013[5]**



4) **Les facteurs endogènes :** alors que les trois groupes de facteurs précédents portent sur des événements extérieurs à l'entreprise et hors de son contrôle, ce quatrième groupe traite de choix faits à l'interne et donc maîtrisables. En effet, les organisations prennent quotidiennement des décisions susceptibles d'influencer la demande pour les produits qu'elles fabriquent ou les services qu'elles procurent. Les plus évidentes sont les décisions qui visent explicitement à augmenter la demande, telles que les rabais, les promotions et la publicité. Le choix des types de tarification a aussi une influence : un prix fixe quelle que soit la quantité consommée augmente la demande, alors qu'un tarif à l'utilisation a tendance à la réduire. De même, le lancement de nouveaux produits ou services qui peuvent être substitués à ceux qui existent déjà influence la demande pour ces derniers, tel qu'on le voit fréquemment dans

[5] Source des données : http://fr.wikipedia.org/wiki/Fr%C3%A9quentation_cin%C3%A9matographique (consulté le 6 janvier 2014).

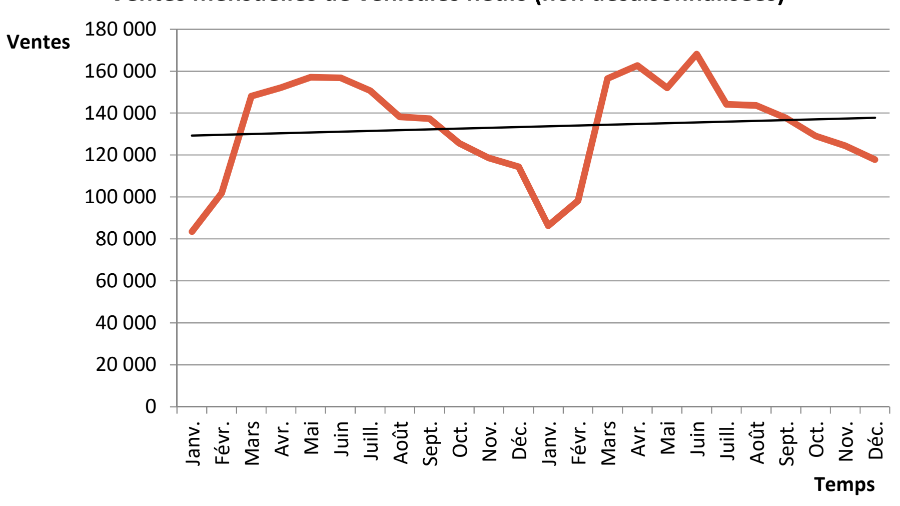
l'industrie de l'électronique et du logiciel, qui ont recours à des stratégies d'obsolescence planifiée. L'ouverture de nouveaux points de vente a aussi un impact sur la demande des autres succursales de la même entreprise, surtout si elles sont situées à proximité. Dans certains secteurs d'activités, les décisions relatives à la capacité ont pour conséquence de modifier la demande. Par exemple, une entreprise qui est fréquemment en pénurie de produits ou de services verra souvent sa demande diminuer, les clients préférant carrément s'adresser ailleurs. À l'inverse, l'augmentation de la capacité dans des secteurs tels que les services de santé peut avoir pour effet d'augmenter la demande, les patients ayant davantage tendance à vouloir consulter un médecin s'ils ne sont pas confrontés à une longue file d'attente;

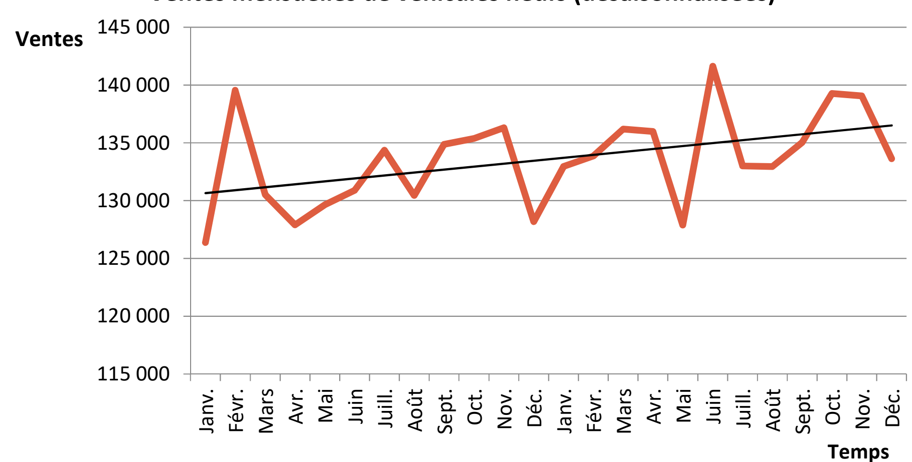
5) **La composante résiduelle (ou aléatoire) :** comme son nom l'indique, cette catégorie incorpore toutes les causes, identifiables ou non, qui n'ont pas été prises en compte dans les catégories précédentes. Il peut s'agir de variations qui sont dues au hasard ou à des événements fortuits et non récurrents, mais aussi de variations dont les causes seraient potentiellement identifiables mais que les analyses réalisées ne sont pas parvenues à discerner. La composante résiduelle est celle qui pose le plus de problèmes aux gestionnaires des opérations. L'organisation ne peut qu'essayer d'y réagir le mieux possible en mettant en place des systèmes opérationnels dont la capacité est flexible, tout en acceptant qu'il y aura un certain gaspillage de ressources (si la demande est plus basse que la moyenne) ou encore certains clients insatisfaits qu'on ne puisse pas les servir ou que le service soit plus lent qu'à l'habitude (si la demande est plus élevée que la moyenne).

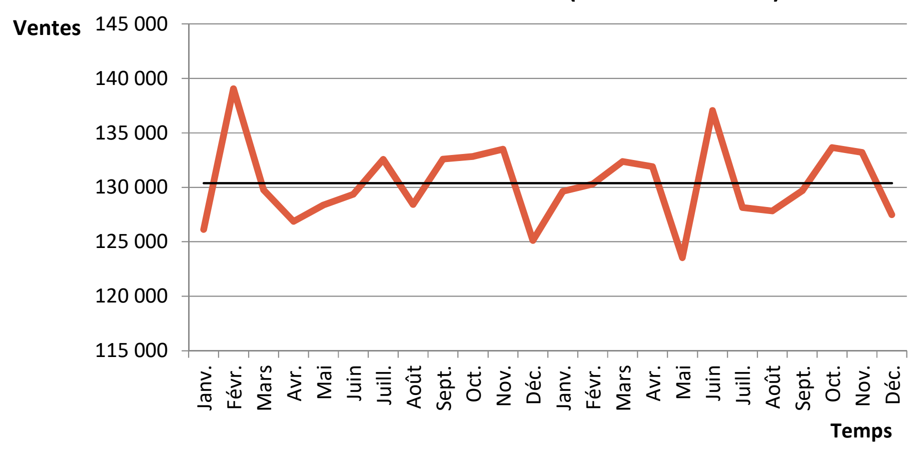
Ces cinq facteurs sont souvent présents simultanément, ce qui complique le travail de prévision. Pour bien prévoir la demande, on doit donc disposer d'une démarche bien structurée et d'une variété d'outils, qualitatifs et quantitatifs, qui permettent de bien distinguer chacune des composantes de la demande et de les prendre toutes en compte. Considérons, par exemple, la vente de véhicules neufs au Canada. La figure 2.3 (graphique du haut) montre les ventes mensuelles de deux années récentes. On y voit très clairement la présence d'une saisonnalité annuelle : les ventes sont plus élevées au printemps et au début de l'été, puis baissent considérablement à l'automne et à l'hiver. On semble aussi déceler une tendance à la hausse, qui peut être confirmée en effectuant certains calculs permettant de désaisonnaliser la demande, c'est-à-dire de faire disparaître la composante saisonnière; on trouve alors le graphique du milieu, sur lequel la tendance est très nette. Puisque l'automobile est un produit à maturité et dont le cycle de vie est très long, on peut penser que cette tendance à la hausse est plutôt due aux tendances du marché (croissance de la population, reprise de l'économie, nouveaux modèles attrayants, etc.). Si l'on effectue d'autres calculs pour éliminer l'effet de cette tendance à la hausse, on trouve le dernier graphique, où les variations observées d'un mois à l'autre doivent être attribuées soit à la composante endogène, soit à la composante résiduelle[6].

[6] Soulignons que les méthodes de calcul permettant de désaisonnaliser la demande et d'éliminer la tendance ne sont pas exposées dans ce manuel. Toutefois, les lecteurs intéressés les trouveront facilement en consultant des ouvrages consacrés aux méthodes de prévision.

Figure 2.3 **Effet des différentes composantes de la demande sur la vente de véhicules neufs au Canada**[7]







[7] Source : Statistique Canada.

2.4 Comment prévoir la demande?

Le processus de prévision

Pour éviter de perdre du temps et des ressources, le processus de prévision doit être bien structuré :

1) **Définir le problème :** on doit d'abord décider de l'horizon de planification considéré (long terme, moyen terme, court terme), puis déterminer le degré de précision requis. Par exemple, pour faire la planification globale des opérations (chapitre 4), on a besoin de prévoir les ventes globales de l'entreprise pour au moins une année à l'avance, alors que pour faire le plan détaillé (chapitre 5), on a besoin de prévoir les ventes de chacun des produits pour les deux ou trois prochains mois;

2) **Recueillir les données :** la première et la plus importante source de données est l'historique des ventes passées (dernières semaines, derniers mois, dernières années…). L'utilisation de systèmes fiables de collecte des données relatives à la demande joue un rôle essentiel dans la capacité de l'organisation à générer des prévisions fiables. On ajoutera ensuite un ensemble d'informations complémentaires : informations relatives aux éléments de l'environnement PESTEL susceptibles d'influencer les ventes futures (par exemple les données démographiques, les statistiques sur le revenu disponible des ménages, le cours du dollar, les cours du marché pour les métaux, etc.), informations recueillies auprès de la clientèle, décisions prises par les concurrents, avis des experts sur les tendances du marché, etc.;

3) **Faire une analyse exploratoire des données :** comme la figure 2.3 a permis de l'illustrer, une simple représentation graphique des ventes passées permet déjà d'identifier les composantes de la demande qui semblent avoir le plus d'impact sur le profil de la demande. Ce premier examen permet de choisir les méthodes d'analyse qui permettront d'obtenir des résultats plus précis. Par exemple, si les saisonnalités jouent un rôle important, on devra éventuellement désaisonnaliser les données. D'autres méthodes seront choisies si l'on observe des tendances à la hausse ou à la baisse, ou selon que ces tendances semblent linéaires, exponentielles, etc.;

4) **Choisir les méthodes de prévision qui semblent les plus appropriées**, en fonction du degré de précision désiré et des ressources et informations dont on dispose. On fera aussi certains tests pour valider si la ou les méthodes choisies permettent d'obtenir de bons résultats dans la situation particulière de l'organisation. Par exemple, on peut utiliser les ventes d'il y a deux ans et leur appliquer la méthode choisie pour voir quels chiffres de ventes cette méthode aurait prévus pour l'année dernière, puis comparer ces prévisions aux ventes réelles. En testant ainsi différentes méthodes, on peut choisir celle qui donne les résultats les plus justes;

5) **Appliquer les méthodes choisies pour prévoir la demande future (prochaines semaines, mois ou années) et faire le suivi des résultats :** à la fin de chacune des périodes de prévision, on pourra vérifier si elles se sont avérées justes et s'il est nécessaire de modifier la méthode de prévision choisie.

Les méthodes de prévision

Il existe deux grandes catégories de méthodes de prévision : les méthodes qualitatives et les méthodes quantitatives.

Les méthodes qualitatives tirent profit de l'expérience, de l'expertise et du jugement d'un ensemble d'intervenants qui connaissent bien le domaine et sont en mesure de fournir un avis éclairé sur la demande future. Même si elles sont subjectives, ces méthodes peuvent être très utiles, en particulier dans les situations où l'on dispose de peu ou pas de données historiques (par exemple lors du lancement d'un nouveau produit ou service). Elles permettent aussi de nuancer, d'enrichir et de valider les résultats obtenus par les méthodes quantitatives. Les principales méthodes qualitatives sont :

1) Les enquêtes auprès des consommateurs, qui permettent de déterminer l'intérêt des clients ou des usagers pour un produit ou un service;

2) L'opinion des cadres ou des experts : on sollicite l'avis des membres de l'organisation qui connaissent bien l'entreprise et son secteur d'activités. Grâce à leur expérience, ces personnes ont souvent une perception très juste des tendances du marché ainsi que de l'impact que différents changements peuvent avoir sur la demande;



3) La méthode Delphi : cette méthode consiste à obtenir l'opinion d'un groupe d'experts anonymes, en leur faisant parvenir une liste de questions relatives à l'industrie et à son marché. Un coordonnateur collige les résultats obtenus, prépare un résumé des réponses et un récapitulatif des arguments, et retourne ce document aux experts. Ces derniers peuvent alors ajuster leur avis en fonction des points de vue des autres. On peut poursuivre cette démarche jusqu'à l'obtention d'un consensus;

4) Les analogies historiques : cette méthode se fonde sur les données historiques de produits similaires pour prévoir les ventes d'un nouveau produit pour lequel aucune donnée historique n'est disponible. Par exemple, pour estimer le taux de croissance des ventes de DVD, on s'est entre autres référé à la courbe du cycle de vie des CD lorsque ceux-ci ont été lancés sur le marché. La même démarche a été entreprise pour prévoir les ventes de disques Blu-ray.

Le principal avantage des méthodes qualitatives est qu'elles tiennent compte de facteurs intangibles qui ne sont pas considérés par les méthodes quantitatives. Elles sont aussi très utiles lorsqu'on ne dispose que de peu ou pas de données historiques, par exemple pour une entreprise en démarrage, lors de l'introduction d'un nouveau produit ou service, ou lors de la pénétration d'un nouveau marché. Par contre, le processus de consultation peut être long et coûteux (si l'on a recours à des experts externes), les résultats peuvent être biaisés et les informations recueillies sont peu précises.

Les méthodes quantitatives se divisent en deux groupes : les méthodes d'analyse causale et les méthodes d'analyse des séries chronologiques. L'analyse causale consiste à établir des relations de cause à effet entre certaines variables de l'environnement et la demande, à quantifier ces relations puis à les utiliser pour prévoir la demande. Par exemple, on sait que le prix de l'essence a un impact positif sur les ventes de petites voitures et de véhicules électriques, et un impact négatif sur la vente des véhicules plus gros qui consomment plus d'essence. En quantifiant les liens entre ces variables (en effectuant une analyse de régression simple et multiple, et en déterminant leur indice de corrélation), on peut prévoir les ventes des différents types de véhicules à partir de la progression du prix de l'essence. Les méthodes d'analyse causale ne seront pas abordées dans ce livre.

Les méthodes d'analyse des séries chronologiques utilisent les données sur la demande passée pour prévoir la demande future, comme on le verra à la section suivante. Elles tiennent donc pour acquis que le passé est garant de l'avenir et, ce faisant, elles négligent les changements de l'environnement qui peuvent affecter la demande future. Cependant, une fois qu'on a mis en place les systèmes permettant la collecte et l'analyse des informations relatives à la demande (des informations que la plupart des entreprises à but lucratif possèdent déjà), ces méthodes sont peu coûteuses, rapides à utiliser, et paraissent plus objectives que les méthodes qualitatives.

Soulignons que l'on n'a pas à choisir entre les méthodes qualitatives et les méthodes quantitatives. Comme on le verra à la section suivante, plusieurs méthodes d'analyse quantitative sont très simples et peuvent être mises en place dans à peu près toutes les organisations. Toutefois, elles gagnent aussi à être complétées par l'expérience et l'expertise, surtout lorsqu'il est nécessaire d'évaluer les tendances futures ou l'effet à court terme des actions des concurrents. En jumelant les méthodes quantitatives et les méthodes qualitatives, et en testant bien les modèles choisis, on peut obtenir des prévisions assez fiables.

2.5 L'analyse des séries chronologiques

Les méthodes d'analyse des séries chronologiques peuvent être très simples ou plus complexes, selon le niveau de précision qu'on veut obtenir. Nous en présentons ici quelques-unes.

Les prévisions naïves

Cette méthode de prévision consiste à estimer la demande de la prochaine période à partir de la période actuelle. Par exemple, si la demande de janvier a été de 250 unités, on prévoira une demande de 250 unités pour le mois de février. Si la demande de février est de 275 unités, on s'attendra à une demande de 275 unités pour le mois de mars. En présence de fortes saisonnalités, on reprendra parfois la même valeur que celle du cycle précédent. Par exemple, pour le mois de janvier, on utilisera la demande du mois de janvier de l'année précédente. Cette méthode ne fournit de bons résultats que si la demande ne présente pas de tendances prononcées et est peu soumise aux variations aléatoires.

La moyenne mobile

Cette méthode consiste à faire la moyenne de la demande des « *k* » dernières périodes les plus récentes. Par exemple, si l'on fait la moyenne des trois dernières périodes, la demande du mois d'avril sera estimée à partir de la moyenne des demandes de janvier, février et mars. En mai, la moyenne sera estimée à partir des demandes de février, mars et avril, d'où l'expression « moyenne mobile » puisqu'elle se déplace de période en période. On peut représenter le tout par la formule suivante :

Moyenne mobile

$$P_{t+1} = \frac{D_t + D_{t-1} + D_{t-2} + \dots + D_{(t-k)+1}}{k}$$

Où :

P_t = Prévision pour la période t

K = Nombre d'observations utilisées dans le calcul

D_t = Demande de la période t

Cette méthode permet d'amortir un peu le « bruit de fond » créé par les variations aléatoires d'une période à l'autre, mais elle peut se traduire par une certaine lenteur à réagir aux changements de la demande. À cet effet, le choix du nombre de périodes (*k*) à inclure dans la moyenne est important :

- Si *k* est petit, les prévisions réagiront rapidement aux véritables changements (c'est-à-dire aux variations de la demande dont l'origine n'est pas aléatoire), mais elles seront aussi davantage influencées par les variations aléatoires;
- Si *k* est grand, les prévisions seront moins influencées par les variations aléatoires de la demande, mais seront également plus lentes à réagir à une tendance réelle.

Prenons par exemple une situation où la demande de janvier est de 250 unités, celle de février, de 280 unités et celle de mars, de 350 unités. Il semble y avoir une tendance à la hausse, mais il est aussi tout à fait possible que ce soit l'effet du hasard. Si l'on utilise les ventes des deux derniers mois (*k* = 2) pour prévoir la demande du mois d'avril, on l'estimera à 315 unités (soit [280 + 350] ÷ 2). Si l'on utilise la demande des trois derniers mois, on prévoira pour avril des ventes de 293 unités (soit [250 + 280 + 350] ÷ 3). Si la demande montre effectivement une tendance à la hausse, on y répondra mieux si l'on a utilisé *k* = 2. Par contre, si les variations observées s'avèrent aléatoires, on aura des prévisions plus modérées en utilisant *k* = 3.

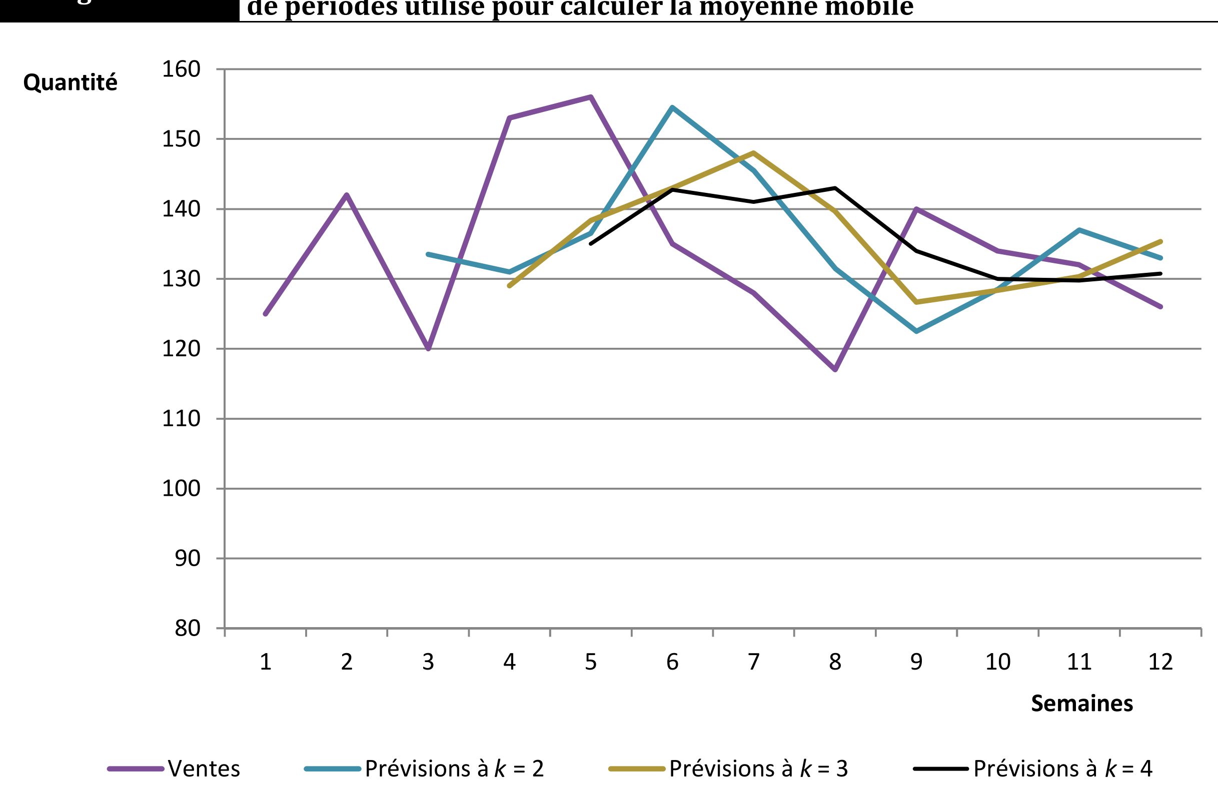
On peut visualiser l'impact du choix de *k* sur la réduction de l'effet des variations aléatoires en utilisant un exemple plus développé. Prenons le cas d'une boutique spécialisée dans la vente de chaussures de sport. La première ligne du tableau suivant montre les ventes des 12 dernières semaines. Les trois lignes suivantes montrent les prévisions qu'on aurait pu faire à partir de ces données, en utilisant *k* = 2, 3 et 4 semaines.

Semaines	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ventes	125	142	120	153	156	135	128	117	140	134	132	126
Prévisions à *k* = 2			134	131	137	155	146	132	123	129	137	133
Prévisions à *k* = 3				129	138	143	148	140	127	128	130	135
Prévisions à *k* = 4					135	143	141	143	134	130	130	131

Exemple de calcul : pour *k* = 2, on trouve la prévision de la période 3 en faisant (125 + 142) ÷ 2; pour la période 4, on trouve la prévision en faisant (142 + 120) ÷ 2. Pour *k* = 3, on trouve la prévision de la période 4 en faisant (125 + 142 + 120) ÷ 3 et celle de la période 5 en faisant (142 + 120 + 153) ÷ 3. Pour *k* = 4, on trouve la prévision de la période 7 en faisant (120 + 153 + 156 + 135) ÷ 4. Les prévisions ont été arrondies à l'entier le plus près.

La représentation graphique des ventes (figure 2.4, trait pourpre) ne permet pas, a priori, de voir une tendance ou une saisonnalité dans les ventes de cette entreprise; les variations observées d'une semaine à l'autre semblent aléatoires. On voit cependant que plus *k* est élevé, plus ces variations sont amoindries : les prévisions de ventes obtenues à *k* = 4 (trait noir) sont plus stables que celles obtenues à *k* = 2 (trait turquoise). Nous verrons plus loin comment déterminer laquelle de ces méthodes fournit les meilleurs résultats.

Figure 2.4 **Impact sur les prévisions du nombre de périodes utilisé pour calculer la moyenne mobile**



La moyenne mobile pondérée

La moyenne mobile assume que les *k* dernières observations sont d'une importance égale. Or, on peut penser que les données plus récentes sont plus représentatives de la demande actuelle que les données plus anciennes. On pourrait donc pondérer les données pour donner plus de poids aux périodes plus récentes qu'aux périodes plus anciennes. Par exemple, si l'on fait la moyenne mobile des trois dernières semaines, on pourrait décider que la dernière semaine aura un poids de 50 % dans la prévision, la semaine précédente un poids de 30 %, et la semaine la plus éloignée, un poids de 20 % (notons que n'importe quelle combinaison de poids est possible, mais que le total des poids doit être de 100 %).

Si l'on applique cette méthode à l'exemple du détaillant de chaussures de sport, on trouve les résultats suivants :

Semaines	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ventes	125	142	120	153	156	135	128	117	140	134	132	126
Prévisions à k = 3 non pondérées				129	138	143	148	140	127	128	130	135
Prévisions à k = 3 pondérées à 50 %-30 %-20 %				128	141	148	145	136	124	131	132	134

Exemple de calcul : pour les prévisions non pondérées, les prévisions de la période 4 sont calculées par (125 + 142 + 120) ÷ 3; pour les prévisions pondérées, les prévisions de la période 4 sont calculées en faisant (50 % × 120) + (30 % × 142) + (20 % × 125). Les résultats ont été arrondis à l'entier le plus près.

L'avantage de la moyenne mobile pondérée est qu'elle reflète plus rapidement les tendances à la hausse ou à la baisse (parce que les données récentes ont plus de poids), tout en amoindrissant davantage l'effet des variations aléatoires que ne le fait une petite valeur de *k*. Par contre, on ajoute une difficulté supplémentaire : en plus de décider de la valeur de *k*, il faut aussi déterminer la valeur du poids à attribuer à chacune des périodes prises en compte dans le calcul. Plusieurs combinaisons sont possibles et il faut trouver la combinaison qui fournit les meilleurs résultats, ce qui peut être long.

Le lissage exponentiel simple

Il s'agit d'une méthode de prévision basée sur le principe de la moyenne mobile pondérée, mais qui est à la fois plus raffinée et plus facile à utiliser. Plutôt que de faire la moyenne de la demande de plusieurs périodes précédentes, elle utilise seulement la demande de la période la plus récente, mais considère aussi quelle avait été la demande prévue pour cette période. Supposons que pour la semaine précédente, on ait prévu des ventes de 129 paires de chaussures et que les ventes réelles aient été de 153 paires. Pour prévoir les ventes de cette semaine, il faut repartir de la prévision de la semaine précédente (129 paires) et la corriger pour tenir compte de l'écart entre cette prévision et la demande réelle (153 paires), mais en pondérant cette erreur d'un facteur de lissage

constant, désigné par la lettre α. Par exemple, si l'on choisit un facteur de lissage de 30 %, la prochaine prévision sera calculée par : 129 + [30 % × (153 − 129)], soit 136,2 (qu'on arrondira à 136 paires de chaussures). On procédera de même pour toutes les périodes suivantes, en conservant toujours le même facteur de lissage. Donc, pour chaque prévision, la formule est la suivante :

Lissage exponentiel simple

$$P_{t+1} = P_t + \alpha(D_t - P_t)$$

Où :
P_t = prévision de la période t
D_t = demande de la période t
α = facteur de lissage choisi

Comme on le voit, cette méthode ne requiert pas de conserver les données de demande de plusieurs périodes : seules les données de la dernière période sont utilisées. Toutefois, comme on utilise aussi la prévision, et que cette dernière est influencée par la demande de la période qui l'a précédée, les données historiques sont automatiquement incorporées, tout en ayant un poids de plus en plus faible au fur et à mesure qu'on avance dans le temps. De plus, cette méthode ne requiert pas de déterminer un nombre de périodes précédentes (*k*) à considérer, ni d'assigner un poids relatif à chacune de ces périodes. Le seul choix à faire est celui du facteur de lissage α[8]. L'équation précédente montre que plus on choisit un facteur de lissage élevé, plus on accorde d'importance à l'écart entre la demande réelle et la prévision. Donc :

- Si α est grand : les prévisions réagiront rapidement aux variations de la demande. Si ces variations correspondent à des tendances réelles, c'est un avantage, mais s'il s'agit de bruit de fond causé par la composante aléatoire, c'est un désavantage;

- Si α est petit : on réduit le bruit de fond causé par la demande aléatoire, mais les prévisions seront lentes à réagir aux véritables changements de la demande.

En conclusion, dans un contexte où l'on sait que la demande varie beaucoup de manière aléatoire, on devrait choisir un facteur de lissage faible. Si, au contraire, la composante résiduelle influence peu la demande, on utilisera un facteur de lissage plus élevé. En pratique, les organisations choisissent habituellement des valeurs de α variant entre 0,05 et 0,5. Voyons l'impact de différents facteurs de lissage sur les prévisions de ventes des chaussures de sport :

---

[8] Tel qu'on l'a vu précédemment, le lissage exponentiel est une forme de moyenne mobile pondérée où le poids accordé à chacune des périodes antérieures est entièrement déterminé par le choix de la valeur α : l'inclusion de la prévision dans le calcul a pour conséquence que chaque donnée antérieure est intégrée avec un poids de plus en plus faible au fur et à mesure qu'on remonte dans le temps.

Semaines	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ventes	125	142	120	153	156	135	128	117	140	134	132	126
Prévision avec α = 0,1	125	125	126,7	126,03	128,73	131,45	131,81	131,43	129,99	130,99	131,29	131,36
Prévision avec α = 0,3	125	125	130,1	127,07	134,85	141,19	139,34	135,94	130,25	133,18	133,42	133
Prévision avec α = 0,5	125	125	133,5	126,75	139,88	147,94	141,47	134,73	125,87	132,93	133,47	132,73

Si l'on n'a jamais fait de prévisions auparavant, on peut « amorcer » le processus en supposant arbitrairement que la prévision de la demande pour la semaine de départ (ici, la semaine 1) était égale à la demande réelle. Pour toutes les semaines suivantes, on calcule la demande en utilisant la formule $P_{t+1} = P_t + \alpha (D_t - P_t)$. Pour la semaine 2, comme la demande de la semaine 1 est égale à la prévision, $(D_t - P_t) = 0$; la prévision pour la semaine 2 est alors 125 unités, quel que soit le facteur de lissage. Pour la semaine 3, avec un facteur de lissage $\alpha = 0{,}1$, la prévision est calculée par : prévision de la semaine 2 + facteur de lissage × (demande de la semaine 2 – prévision de la semaine 2), soit 125 + 0,1 × (142 – 125) = 126,7. Pour la semaine 4, la prévision sera de 126,7 + 0,1 × (120 – 126,7) = 126,03. Si l'on utilise plutôt un facteur de lissage α = 0,3, la prévision de la semaine 3 est calculée par 125 + 0,3 × (142 – 125) = 130,1 et la prévision de la semaine 4 est calculée par 130,1 + 0,3 × (120 – 130,1) = 127,07. Enfin, pour un facteur de lissage α = 0,5, la prévision de la semaine 3 est calculée par 125 + 0,5 × (142 – 125) = 133,5 et la prévision de la semaine 4 est calculé par 133,5 + 0,5 × (120 – 133,5) = 126,75. Soulignons qu'ici, on a conservé les décimales; en effet, puisque les ventes prévues pour une semaine donnée sont utilisées pour calculer les prévisions de la semaine suivante, arrondir les prévisions introduirait des erreurs qui, au fil du temps, pourraient s'avérer importantes. On ne va donc arrondir les prévisions qu'une fois qu'elles auront toutes été calculées.

La figure 2.5 illustre l'impact du facteur de lissage sur la réduction du bruit de fond : à α = 0,5 (trait turquoise), les prévisions reflètent d'assez près les fluctuations des ventes des périodes précédentes, alors qu'à α = 0,1 (trait noir), ces fluctuations disparaissent presque entièrement. Cela constitue un avantage s'il s'agit de fluctuations aléatoires. Par contre, si les ventes montraient une tendance réelle, il faudrait beaucoup de temps pour qu'elle se reflète sur les prévisions, comme l'illustre la figure 2.6. Ici, les ventes (trait pourpre) semblent varier de manière aléatoire pendant les six premières semaines et montrent ensuite une nette tendance à la baisse. Comme on le voit, les prévisions réalisées avec α = 0,5 (trait turquoise) reflètent rapidement cette tendance, alors que les prévisions réalisées avec α = 0,1 (trait noir) y réagissent beaucoup moins fortement et plus lentement. Le choix du facteur de lissage qui donne les prévisions les plus précises dépend donc du contexte.

Figure 2.5 **Impact du facteur de lissage α sur la réduction du bruit de fond**

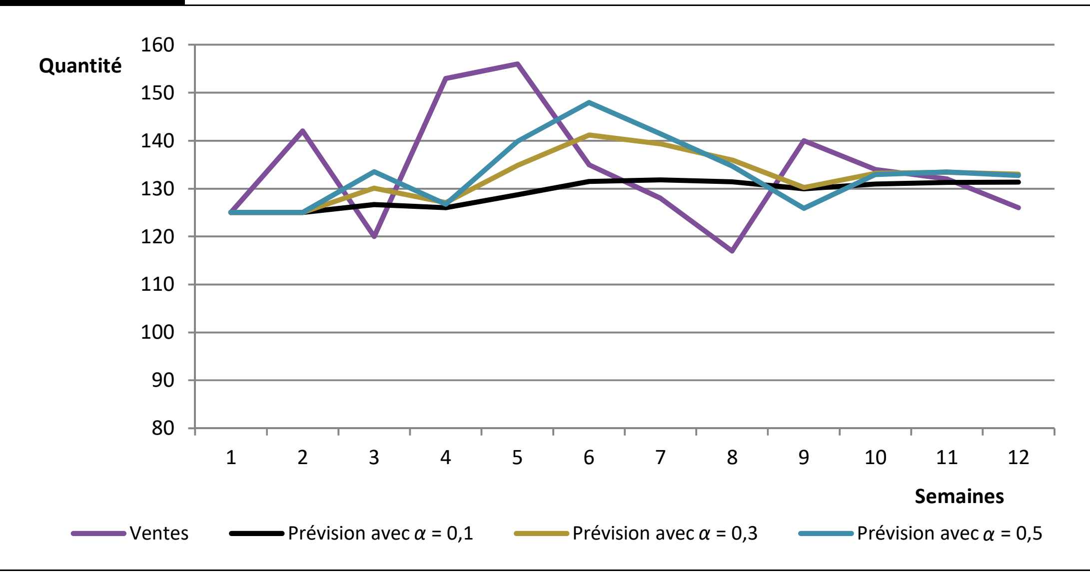
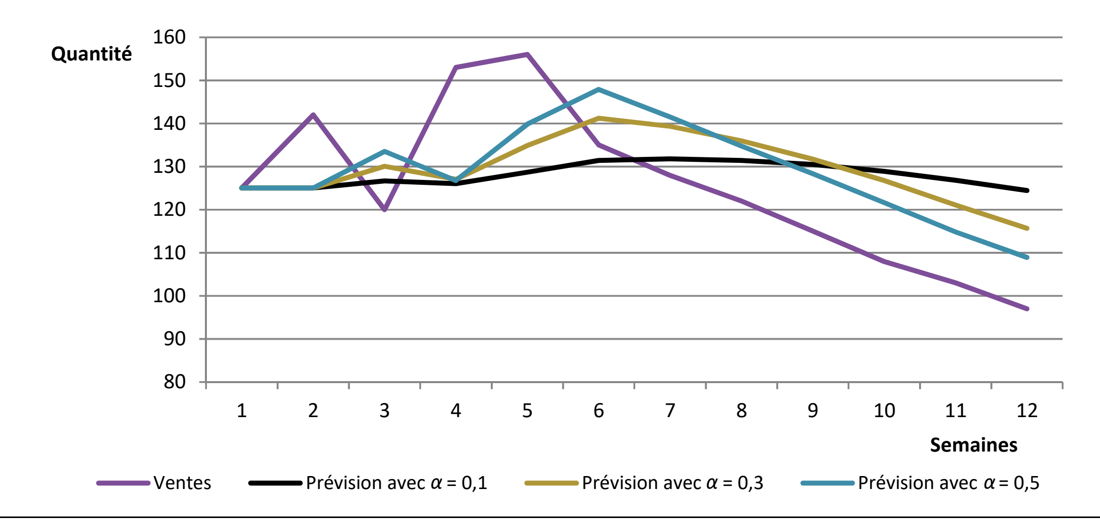


Figure 2.6 **Impact du choix du facteur de lissage α sur la réactivité des prévisions**



Le lissage exponentiel simple est une méthode de prévision fréquemment utilisée en pratique puisqu'elle nécessite peu de données et de calculs et qu'elle donne de bons résultats. Comme les données anciennes sont « cachées » dans les données de la dernière période, elle requiert peu d'espace mémoire. De plus, les calculs peuvent très facilement être automatisés dans un chiffrier tel qu'*Excel*.

L'analyse de la tendance

Les méthodes précédentes d'analyse des séries chronologiques réagissent à l'existence de tendances, mais elles n'extrapolent pas la tendance passée pour établir les prévisions futures. Il est toutefois possible de le faire. Par exemple, à la figure 2.6, les données des six dernières semaines montraient une tendance à la baisse qui semblait linéaire. On peut reprendre les données de cet exemple et calculer le taux de décroissance des ventes :

Semaines	7	8	9	10	11	12
Ventes	128	122	115	108	103	97
Taux de décroissance des ventes		4,7 %	5,7 %	6,1 %	4,6 %	5,8 %
Exemple de calcul : pour la semaine 8, le taux de décroissance est de (128 − 122) ÷ 128 = 4,7 %; pour la période 9, il est de (122 − 115) ÷ 122 = 5,7 %.						

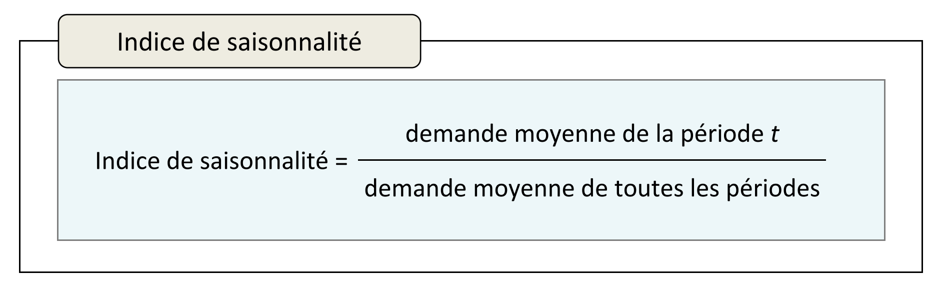
Comme on le voit, le taux de décroissance est assez constant, ce qui indique une décroissance linéaire (elle aurait pu être exponentielle ou autre) qui est, en moyenne, de 5,4 % par semaine. On pourrait donc prévoir que si cette tendance se maintient, les ventes de la semaine 13 seront de 92, soit 97 – (97 × 5,4 %). Notons qu'il s'agit là d'une analyse assez grossière. On pourrait aussi utiliser la méthode des moindres carrés pour déterminer l'équation de la droite de régression représentant le mieux la tendance. Il existe aussi des méthodes de prévision qui permettent de jumeler l'analyse de la tendance au lissage exponentiel, mais elles ne seront pas abordées ici.

L'analyse des saisonnalités

Cette analyse est essentielle dans les industries et les organisations de services où la demande présente des saisonnalités importantes. Reprenons les données concernant les ventes de véhicules neufs au Canada, qui ont été présentées graphiquement à la figure 2.3 :

Années	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Année 1	83 512	101 788	148 052	152 187	157 082	156 891	150 800	138 210	137 349	125 731	118 521	114 376
Année 2	86 320	98 147	156 452	162 613	152 064	168 119	144 171	143 653	137 660	129 049	124 466	117 863

À partir de ces deux années de données, on peut calculer la moyenne des mois de janvier, de février, de mars, etc., puis calculer la demande mensuelle moyenne pour tous les mois. On calcule ensuite l'indice de saisonnalité pour chaque mois en faisant simplement le rapport entre les deux :



Indice de saisonnalité

$$\text{Indice de saisonnalité} = \frac{\text{demande moyenne de la période } t}{\text{demande moyenne de toutes les périodes}}$$

Ici, par exemple, la demande mensuelle moyenne pour les 24 mois considérés est de 133 545 véhicules. Les ventes moyennes réalisées en janvier sont de 84 916 véhicules (soit [83 512 + 86 320] ÷ 2), ce qui représente 63,59 % des ventes mensuelles moyennes (soit 84 916 ÷ 133 545). En faisant le même calcul pour février, on trouve un indice de saisonnalité de 74,86 %, et pour mars, de 114,01 %. Ces chiffres et ceux présentés au

tableau suivant reflètent bien la saisonnalité observée au premier graphique de la figure 2.3 : les ventes de véhicules sont plus faibles à l'automne et à l'hiver (d'octobre à février, l'indice de saisonnalité est plus petit que 100 %), et elles sont plus élevées au printemps et à l'été (de mars à septembre, l'indice de saisonnalité dépasse 100 %).

On peut ensuite utiliser les indices de saisonnalité pour prévoir la demande mensuelle de la prochaine année (année 3). Supposons que l'analyse des tendances des dernières années permette de prévoir, pour toute la prochaine année, des ventes de 1 644 000 véhicules, ce qui se traduit par une moyenne de 137 000 véhicules par mois. On peut alors calculer que les ventes prévues en janvier seront de 63,59 % × 137 000 = 87 118 véhicules, et celles de février, de 74,86 % × 137 000 = 102 558 véhicules.

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Demande mensuelle moyenne
Année 1	83 512	101 788	148 052	152 187	157 082	156 891	150 800	138 210	137 349	125 731	118 521	114 376	133 545
Année 2	86 320	98 147	156 452	162 613	152 064	168 119	144 171	143 653	137 660	129 049	124 466	117 863	
Moyenne	84 916	99 968	152 252	157 400	154 573	162 505	147 486	140 932	137 505	127 390	121 494	116 120	
Indice de saisonnalité*	63,59 %	74,86 %	114,01 %	117,86 %	115,75 %	121,69 %	110,44 %	105,53 %	102,97 %	95,39 %	90,98 %	86,95 %	
Prévisions Année 3	87 118	102 558	156 194	161 468	158 578	166 715	151 303	144 576	141 069	130 684	124 643	119 122	

* Les indices de saisonnalités ont été arrondis à la deuxième décimale avant de calculer les prévisions de l'année 3.

Le calcul des indices de saisonnalité est particulièrement utile dans les entreprises de services puisqu'on y retrouve souvent des saisonnalités sur de courtes périodes (saisonnalités hebdomadaire ou quotidienne). Par exemple, dans un supermarché, on peut prévoir la demande globale d'un mois donné puis, en sachant quel est l'indice de saisonnalité de chaque semaine du mois, l'indice de saisonnalité de chaque jour de la semaine et l'indice de saisonnalité de chaque heure de la journée, on peut prévoir la demande pour chacune des heures de ce mois. Ce sont ces prévisions qui seront utilisées pour déterminer les horaires de travail du personnel et les besoins en employés à temps partiel ou à horaires brisés.

2.6 Les mesures d'erreur

La section précédente montre qu'il existe de multiples façons de prévoir la demande et que le choix d'une méthode dépend du contexte et de l'importance relative que prend chacune des composantes de la demande : existence de tendances ou de saisonnalités, variations aléatoires fortes ou faibles, etc. Comment alors choisir la bonne méthode de prévision?

Le calcul des erreurs permet de comparer les méthodes de prévisions entre elles. En testant différentes méthodes et en calculant l'erreur obtenue, on peut ensuite choisir celle qui fournit les plus petites mesures d'erreur. Une fois la méthode choisie, le calcul des erreurs permettra de suivre les résultats des prévisions; si les erreurs augmentent, on saura qu'il est temps de réévaluer le choix de la méthode de prévision adoptée.

Il faut d'abord préciser ce qu'on entend par *erreur*. Il s'agit simplement, pour chacune des périodes, de l'écart entre la demande réelle et la prévision :

Erreur (ou écart)

Erreur (ou écart) = demande − prévision

L'analyse des erreurs se fait donc à partir de données passées, en comparant la demande réelle aux prévisions qu'on aurait faites en utilisant différentes méthodes. Si l'on reprend l'exemple de notre marchand de chaussures de sport, pour lequel on avait eu recours à la méthode des moyennes mobiles avec $k = 3$, pondérées et non pondérées, on trouve les résultats suivants :

Semaines	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ventes	125	142	120	153	156	135	128	117	140	134	132	126
Prévisions à $k = 3$ non pondérées				129	138	143	148	140	127	128	130	135
Écarts				24	18	-8	-20	-23	13	6	2	-9
Prévisions à $k = 3$ pondérées à 50 %-30 $-20%				128	141	148	145	136	124	131	132	134
Écarts				25	15	-13	-17	-19	16	3	0	-8

Exemple de calcul : pour la période 4, l'erreur pour la méthode non pondérée est de 153 − 129 = 24, alors que pour la méthode pondérée, l'erreur est 153 − 128 = 25.

Ces chiffres individuels sont cependant peu utiles tels quels; pour mieux les analyser, il faut les transformer de différentes façons.

L'écart cumulatif et l'écart moyen

L'écart cumulatif consiste à additionner les écarts obtenus pour une méthode donnée. Dans l'exemple précédent, le total des écarts obtenus avec la méthode des moyennes mobiles non pondérées avec $k = 3$ est de 3 (soit 24 + 18 − 8 − 20 − 23 + 13 + 6 + 2 − 9), alors que le total des écarts obtenus avec la méthode pondérée est de 2. Cela indique que dans les deux cas, on a eu tendance à très légèrement sous-estimer la demande (l'écart total entre les ventes et les prévisions étant positif). Un écart cumulatif proche de zéro indique que la prévision n'est pas biaisée dans un sens ou dans l'autre (plus élevée ou plus faible), mais cela ne veut pas dire que la méthode est plus exacte : de très forts écarts dans un sens et dans l'autre pourraient, au total, s'annuler. C'est d'ailleurs ce qu'on constate ici : bien que l'écart cumulatif soit très faible dans les deux cas, les écarts individuels sont parfois assez grands (+24, -23, etc.).

Comme son nom l'indique, l'écart moyen consiste à calculer la moyenne des écarts. Dans l'exemple précédent, l'écart moyen sera de 0,33 pour la moyenne mobile non pondérée, et de 0,22 pour la moyenne mobile pondérée. Si l'on compare ces moyennes aux écarts individuels calculés au tableau précédent, force nous est de constater qu'elles ne sont pas très représentatives et qu'ici encore, les forts écarts positifs annulent les forts écarts négatifs.

L'écart absolu moyen

Pour éviter que les écarts positifs et négatifs ne s'annulent, on peut reprendre la valeur absolue de chacun des écarts individuels pour calculer la moyenne. Si l'on reprend les données précédentes en calculant l'écart absolu, on trouve :

Semaines	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ventes	125	142	120	153	156	135	128	117	140	134	132	126
Prévisions à k = 3 non pondérées				129	138	143	148	140	127	128	130	135
Écarts absolus				24	18	8	20	23	13	6	2	9
Prévisions à k = 3 pondérées à 50 % - 30 % - 20 %				128	141	148	145	136	124	131	132	134
Écarts absolus				25	15	13	17	19	16	3	0	8

L'écart absolu moyen pour la méthode des moyennes mobiles non pondérées est de 13,6 (soit [24 + 18 + 8 + 20 + 23 + 13 + 6 + 2 + 9] ÷ 9), alors que pour les moyennes pondérées, il est de 12,9. Les deux méthodes de prévision donnent donc, dans cette situation particulière, des résultats à peu près équivalents.

L'écart quadratique moyen

Dans certaines situations, les gestionnaires qui utilisent les prévisions préfèrent avoir souvent de petites erreurs de prévision que d'avoir des prévisions qui sont parfois très précises et parfois très erronées. Le calcul de l'écart quadratique moyen permet de prendre en compte cette préférence et aussi de détecter les situations où de grands écarts sont survenus. Pour le calculer, il suffit d'élever au carré chacun des écarts (absolus ou non, le résultat sera le même) avant de calculer la moyenne. Comme le montre le tableau suivant, les écarts élevés ont maintenant un poids beaucoup plus important. Pour la méthode des moyennes mobiles sans pondération, l'écart quadratique moyen est de 242,6 (soit [576 + 324 + 64 + 400 + 529 + 169 + 36 + 4 + 81] ÷ 9) alors que pour la méthode avec pondération, l'écart quadratique moyen est de 222. Selon cette mesure d'écart, la prévision pondérée serait un peu plus juste que la prévision sans pondération.

Semaines	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ventes	125	142	120	153	156	135	128	117	140	134	132	126
Prévisions à k = 3 non pondérées				129	138	143	148	140	127	128	130	135
Écart quadratique				576	324	64	400	529	169	36	4	81
Prévisions à k = 3 pondérées à 50 % - 30 % - 20 %				128	141	148	145	136	124	131	132	134
Écart quadratique				625	225	169	289	361	256	9	0	64

Exemple

Elias Chamma est en charge de prévoir la demande de planches à roulettes pour son entreprise, D-Roll. Ce produit est considéré comme étant à maturité et, comme l'entreprise vend ses planches partout dans le monde, les saisonnalités s'annulent. Elias ne dispose que des ventes mensuelles des 15 derniers mois. Il considère différentes méthodes de prévision : la moyenne mobile (non pondérée) à k = 3 et à k = 4; la moyenne mobile pondérée à k = 4, avec une pondération de 50 % − 25 % − 15 % − 10 %; le lissage exponentiel avec α = 0,2 et avec α = 0,5. En faisant les calculs, il a obtenu les résultats suivants (note : toutes les prévisions sont arrondies à l'entier près et l'on utilise les valeurs arrondies pour faire les calculs d'erreur) :

Mois	Ventes réalisées	Moyenne mobile k = 3	Moyenne mobile k = 4	Moyenne mobile pondérée k = 4	Lissage exponentiel α = 0,2	Lissage exponentiel α = 0,5
1	17 020				17 020	17 020
2	16 750				17 020	17 020
3	16 840				16 966	16 885
4	16 950	16 870			16 941	16 863
5	17 140	16 847	16 890	16 900	16 943	16 906
6	16 930	16 977	16 920	17 009	16 982	17 023
7	17 050	17 007	16 965	16 977	16 972	16 977
8	16 850	17 040	17 018	17 024	16 987	17 013
9	16 750	16 943	16 993	16 941	16 960	16 932
10	17 140	16 883	16 895	16 838	16 918	16 841
11	17 100	16 913	16 948	16 990	16 962	16 990
12	16 980	16 997	16 960	17 033	16 990	17 045
13	17 280	17 073	16 993	17 011	16 988	17 013
14	17 030	17 120	17 125	17 164	17 046	17 146
15	17 230	17 097	17 098	17 092	17 043	17 088

Exemple (suite)

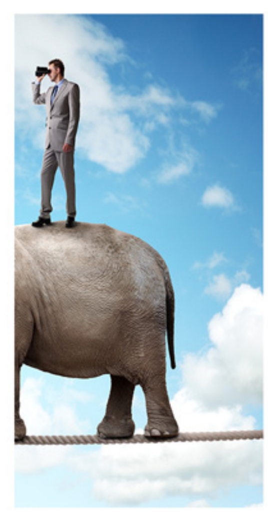
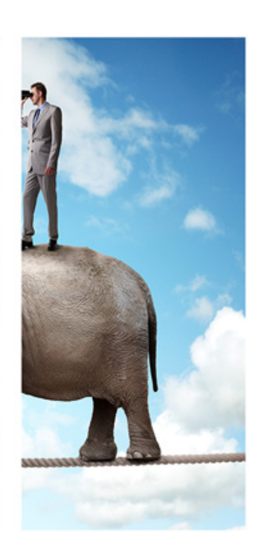
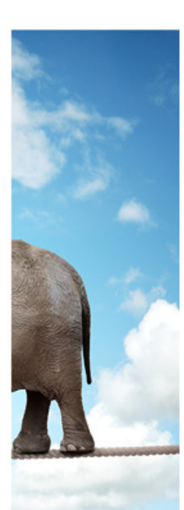
Pour comparer les résultats obtenus pour les différentes méthodes, il effectue deux calculs d'erreur, l'écart absolu moyen (EAM) et l'écart quadratique moyen (EQM), en ne considérant que les mois 5 à 15 pour que les moyennes soient calculées sur une base comparable pour toutes les méthodes. Il obtient ainsi les résultats suivants :

Mois	Moyenne mobile $k = 3$	Moyenne mobile $k = 3$	Moyenne mobile $k = 4$	Moyenne mobile $k = 4$	Moyenne mobile pondérée $k = 4$	Moyenne mobile pondérée $k = 4$	Lissage exponentiel $\alpha = 0{,}2$	Lissage exponentiel $\alpha = 0{,}2$	Lissage exponentiel $\alpha = 0{,}5$	Lissage exponentiel $\alpha = 0{,}5$
	EA	EQ	EA	EQ	EA	EQ	EA	EQ	EA	EQ
1										
2							270	72 900	270	72 900
3							126	15 876	45	2 025
4	80	6 400					9	81	87	7 569
5	293	85 849	250	62 500	240	57 600	197	38 809	234	54 756
6	47	2 209	10	100	79	6 241	52	2 704	93	8 649
7	43	1 849	85	7 225	73	5 329	78	6 084	73	5 329
8	190	36 100	168	28 224	174	30 276	137	18 769	163	26 569
9	193	37 249	243	59 049	191	36 481	210	44 100	182	33 124
10	257	66 049	245	60 025	302	91 204	222	49 284	299	89 401
11	187	34 969	152	23 104	110	12 100	138	19 044	110	12 100
12	17	289	20	400	53	2 809	10	100	65	4 225
13	207	42 849	287	82 369	269	72 361	292	85 264	267	71 289
14	90	8 100	95	9 025	134	17 956	16	256	116	13 456
15	133	17 689	132	17 424	138	19 044	187	34 969	142	20 164
Moyenne	151	30 291	153	31 768	160	31 946	140	27 217	159	30 824

On constate que dans cette situation, le lissage exponentiel avec $\alpha = 0{,}2$ est la méthode qui donne à la fois l'écart absolu moyen le plus faible (140) et l'écart quadratique moyen le plus faible (27 217). Les prévisions utilisant la moyenne mobile avec $k = 3$ et $k = 4$ donnent des résultats moins bons. Le lissage exponentiel avec $\alpha = 0{,}5$ arrive au quatrième rang si on considère l'EAM, mais se classe en troisième place pour l'EQM. La moyenne mobile pondérée arrive au dernier rang. Compte tenu de ces résultats, Elias devrait choisir le lissage exponentiel avec $\alpha = 0{,}2$; s'il souhaite approfondir l'analyse avant de faire un choix définitif, il pourrait évaluer ce que donnerait un lissage exponentiel avec un facteur de lissage plus petit que 0,2.

2.7 Synthèse du chapitre

Comme on a pu le constater dans ce chapitre, prévoir, ce n'est pas prédire. Les prévisions ne sont pas de la divination, mais l'application structurée de méthodes qui, même lorsqu'elles sont qualitatives, s'appuient sur l'expérience de personnes qui connaissent bien leur secteur d'activité et les facteurs qui influencent le marché desservi. Toutefois, on ne peut pas s'attendre des prévisions qu'elles soient toujours justes, et c'est pourquoi il faut comparer les méthodes et analyser les erreurs qu'elles génèrent. On choisira normalement la méthode qui donne les résultats les plus justes compte tenu du comportement de la demande, lequel varie d'une organisation à l'autre. Mais on tiendra aussi compte des coûts liés à chaque méthode (entre autres les coûts d'accumulation, de stockage et de traitement des données, et les coûts d'obtention d'avis d'experts). Il y a donc un arbitrage à réaliser entre, d'une part, le coût de la précision des prévisions et, d'autre part, les coûts liés à l'imprécision (c'est-à-dire les coûts liés aux conséquences des écarts). Alors que certains gestionnaires choisissent de ne pas du tout faire de prévisions sous prétexte que ces dernières ne sont jamais exactes, d'autres surinvestissent dans des systèmes parfois inutilement sophistiqués, recherchant des certitudes qui ne pourront jamais être obtenues.

Soulignons que les technologies de l'information ont beaucoup réduit le coût des prévisions. Dans les grandes organisations, les systèmes intégrés de planification des ressources du type *SAP* (qui sont de plus en plus répandus) possèdent des fonctionnalités de prévision utilisant des méthodes quantitatives bien plus sophistiquées que celles que nous avons vues dans ce chapitre. Ces méthodes permettent de décomposer la demande, c'est-à-dire d'en extraire les différentes composantes (comme on l'a fait à la figure 2.3) et de tenir compte simultanément de toutes les composantes pour obtenir des prévisions plus justes. Même dans les petites organisations qui ne disposent pas de telles technologies, il est très facile de préparer un chiffrier électronique (*Excel* ou autre) dans lequel tous les calculs présentés dans ce chapitre peuvent facilement être automatisés. On trouve aussi sur le marché de nombreux logiciels spécialisés pour faire des prévisions.

Cependant, la meilleure façon d'améliorer les prévisions reste encore de rendre la demande la plus prévisible possible. Bien que la plupart des éléments qui influencent la

demande aient une source exogène et ne soient pas contrôlables, certaines décisions de l'organisation ont aussi un impact non négligeable. Comme on l'a vu, en limitant les promotions, les soldes et les changements fréquents de modèles, on évite d'ajouter à la variabilité de la demande. Certaines pratiques de gestion ont aussi comme effet pervers de rendre la demande plus volatile : par exemple, la production de rapports de performance trimestriels (et même mensuels) entraîne la fixation d'objectifs financiers à court terme, qui conduisent à leur tour à redoubler les efforts de vente vers la fin du trimestre pour atteindre les cibles à temps pour le prochain rapport. Dans le même sens, les incitatifs tels que les primes lorsqu'on atteint un nouveau record de ventes encouragent l'atteinte de pointes suivies inévitablement de périodes plus creuses. Si l'on fonde ensuite les prévisions sur les données historiques, on aura des résultats faussés et des erreurs de prévision plus importantes.

On ne le répétera jamais assez : une bonne gestion des opérations requiert un effort concerté de toutes les fonctions de l'organisation. À cet égard, le gestionnaire des opérations et de la logistique a un rôle important à jouer en apportant des arguments solides et bien étayés. Par exemple, s'il est capable de documenter les coûts supplémentaires engendrés par les variations de demande générées par les pratiques qui précèdent, il pourra plus facilement convaincre la haute direction de les reconsidérer ou même d'y renoncer.

Questions de révision

Vrai ou faux?

1.	La demande indépendante est calculée, alors que la demande dépendante est prévue.	
2.	Le calcul de l'erreur cumulée permet entre autres de déterminer si les prévisions sont biaisées ou non.	
3.	Entre le moment de l'annonce d'une promotion et celui où elle entre en vigueur, la demande a tendance à augmenter.	
4.	Il est possible d'obtenir des prévisions exactes si l'on y consacre suffisamment de temps et d'efforts.	
5.	La phase de maturité du cycle de vie du produit est caractérisée par une demande relativement stable.	
6.	En prévision, ce qu'on appelle le *bruit de fond* sont les variations occasionnées par la composante résiduelle.	
7.	Dans la méthode des moyennes mobiles, plus la valeur de k est élevée, plus les prévisions sont influencées par les variations aléatoires de la demande.	
8.	Un des désavantages de la méthode du lissage exponentiel est qu'elle nécessite plus de données que les autres.	
9.	Si l'on utilise le lissage exponentiel, un coefficient de lissage α plus faible réduira davantage l'effet du bruit de fond et donnera des prévisions plus stables.	
10.	Quand on compare les erreurs obtenues avec différentes méthodes de prévision, on devrait parvenir aux mêmes conclusions quelle que soit la méthode de calcul des erreurs utilisée.	
11.	Plus on s'y prend longtemps à l'avance, plus les prévisions sont précises.	
12.	Le calcul de l'écart quadratique moyen est particulièrement utile pour évaluer si une méthode de prévision donne beaucoup de petits écarts ou quelques grands écarts.	
13.	Les prévisions sont plus précises pour une famille de produits que pour des produits individuels.	
14.	Les méthodes causales sont surtout utiles lorsque la demande est très influencée par les éléments de l'environnement PESTEL.	
15.	Lorsqu'on calcule les indices de saisonnalité, le total des indices devrait donner 100 %.	

Questions de discussion

1. Vous travaillez depuis quelques années comme serveur (ou serveuse) dans un restaurant. Fort(e) de vos nouvelles connaissances sur les méthodes quantitatives de prévision de la demande, vous proposez à votre employeur, qui n'a jamais eu recours à ces méthodes, de les employer pour mieux prévoir la demande. Il vous répond qu'il n'a pas besoin de tous ces calculs et que sa longue expérience lui permet de faire d'excellentes prévisions. À tort ou à raison, vous tenez à tout prix à le convaincre de votre point de vue. Comment pourriez-vous vous y prendre?

2. Tony Bonetto est directeur des opérations d'une grande entreprise qui distribue une large gamme de produits de soin personnel : soin de la peau, cosmétiques, parfums, soin des cheveux, colorants capillaires, produits de rasage, déodorants, etc. Compte tenu du grand nombre de produits à gérer, devrait-il utiliser la même méthode de prévision pour tous les produits? Discutez.

Problèmes résolus

1. Les vélos Lucky Mountain (A)

Lucky Mountain est une entreprise canadienne qui, depuis 20 ans, travaille à se tailler une place dans le marché du vélo haut de gamme. Il s'agit d'un secteur très concurrentiel où il y a déjà plusieurs gros joueurs : certaines grandes entreprises américaines se spécialisent aussi dans le vélo haut de gamme, alors qu'une grande entreprise taïwanaise tente de plus en plus de s'imposer sur ce marché.

Pour se démarquer sur le marché des vélos performants, Lucky Mountain s'est donné pour mission de satisfaire les besoins des passionnés du vélo. Pour ce faire, on a renoncé à la production à grande échelle et l'on fabrique à peine 50 000 vélos par année.

L'entreprise investit beaucoup d'énergie et d'argent dans la R&D, le contrôle de la qualité et le maintien de normes élevées de fabrication. Dans ce souci de la qualité, les cadres des vélos Lucky Mountain sont fabriqués et peints à la main. Les roues sont également faites à l'usine d'Edmonton, laquelle est dotée des meilleures technologies possible. Lucky Mountain choisit aussi ses fournisseurs avec soin et n'utilise que des composantes et des tubulures de marques renommées. Enfin, on n'y engage que des employés expérimentés et passionnés par leur travail.



Linda Bryans, directrice marketing, et Alex Gartner, directeur des opérations, collaborent dans le but de prévoir la demande de l'année à venir de façon fiable et exacte. Le tableau suivant présente les données historiques de la demande globale des trois dernières années :

Mois	20X1	20X2	20X3
Janvier	994	1 191	1 465
Février	1 654	2 056	2 468
Mars	2 210	2 595	3 076
Avril	2 801	3 320	3 887
Mai	3 130	3 785	4 577
Juin	3 119	3 710	4 480
Juillet	2 101	2 521	2 965
Août	2 045	2 396	2 868
Septembre	1 630	1 902	2 366
Octobre	1 621	1 979	2 371
Novembre	2 139	2 604	3 074
Décembre	2 421	2 868	3 442

1.1 Représentez graphiquement les données et analysez l'évolution de la demande de ces trois années. Quelles composantes de la demande peut-on discerner?

1.2 En fonction des informations présentées, Mme Bryans et M. Gartner devraient-ils utiliser des méthodes qualitatives ou des méthodes quantitatives pour prévoir la demande de la prochaine année? Justifiez bien votre réponse.

1.3 Calculez l'indice de saisonnalité qu'il faudrait utiliser pour établir les prévisions pour chacun des mois de 20X4.

2. Les vélos Lucky Mountain (B)

En plus de prévoir la demande des vélos, les gestionnaires de Lucky Mountain doivent aussi prévoir la demande des pièces de rechange. Comme elle est liée aux ventes passées de vélos, cette demande est moins saisonnière et moins soumise aux tendances du marché. Le tableau ci-dessous montre les ventes de jeux d'étriers de frein pour la dernière année.

Mois (Année 20X3)	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Jeux d'étriers vendus	650	674	702	695	740	705	664	685	630	680	635	670

Linda Bryans et Alex Gartner se demandent quelle méthode de prévision donnerait les meilleurs résultats. Ils considèrent présentement quatre méthodes : la moyenne mobile à $k = 3$ (non pondérée), la moyenne mobile à $k = 3$ avec une pondération à 60 % − 30 % − 10 %, le lissage exponentiel avec un facteur de lissage de 0,1 et le lissage exponentiel avec un facteur de lissage de 0,3.

2.1 Si l'on avait usé de chacune de ces méthodes, quelles auraient été les ventes prévues pour les mois de juillet à décembre (mettez à profit toutes les données disponibles pour que vos prévisions soient les plus justes possible)?

Mois (Année 20X3)	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Jeux d'étriers vendus	650	674	702	695	740	705	664	685	630	680	635	670
Moyenne mobile $k = 3$												
Moyenne mobile $k = 3$, pondéré 60 % - 30 % - 10 %												
Lissage exponentiel $\alpha = 0,1$												
Lissage exponentiel $\alpha = 0,3$												

2.2 Calculez l'écart absolu moyen (EAM) et l'écart quadratique moyen (EQM) qu'on aurait obtenu avec chacune des méthodes (on ne retient que les six derniers mois pour limiter les calculs à faire).

Mois (Année 20X3)	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moyennes
EAM, moyenne mobile $k = 3$							
EQM, moyenne mobile $k = 3$							
EAM, moyenne mobile $k = 3$, pondéré 60 % - 30 % - 10 %							
EQM, moyenne mobile $k = 3$, pondéré 60 % - 30 % - 10 %							
EAM, lissage exponentiel $\alpha = 0,1$							
EQM, lissage exponentiel $\alpha = 0,1$							
EAM, lissage exponentiel $\alpha = 0,3$							
EQM, lissage exponentiel $\alpha = 0,3$							

2.3 Quelle méthode de prévision vous semble la plus appropriée, dans cette situation?

3. Bio Culture

Établie au Québec depuis plus de 30 ans, Bio Culture est une entreprise qui produit de l'engrais biologique sans pesticide. Ses produits sont reconnus internationalement pour leur grande qualité et sont exportés un peu partout. Son produit phare, le *Bio Green*, assure à l'entreprise des revenus stables depuis plus de 25 ans. Un autre produit, plus récent, le *Bio Golf Green* connaît aussi un vif succès auprès des propriétaires de clubs de golf américains : le produit a été introduit il y a un peu plus d'un an et les ventes connaissent une croissance exponentielle qui ne semble pas près de s'essouffler.

3.1 La directrice générale souhaite établir rapidement des prévisions de la demande pour le produit *Bio Golf Green*. Afin de satisfaire la D.G., quelle(s) méthode(s) devrait-on utiliser pour prévoir les ventes de la prochaine année? Justifiez bien votre réponse.

3.2 Lors d'une récente réunion du comité de direction, le directeur des opérations et le directeur des ventes ont eu une divergence d'opinion importante. Le directeur des opérations se plaint d'être, en pratique, exclu du processus de prévision à long terme :

> « On ne me demande pas mon avis et on m'impose des prévisions qu'on me remet une fois la démarche terminée. Ça ne me donne aucune marge de manœuvre. »

Le directeur des ventes lui répond :

> « On vous donne les prévisions mensuelles à chaque début de trimestre, ce qui vous permet de produire à temps. Que voulez-vous de plus? »

Si vous étiez à la place du directeur des opérations, que répondriez-vous? Plus spécifiquement, fournissez trois exemples concrets d'utilisation des données issues des prévisions de la demande à moyen et long terme (un an et plus) pour un gestionnaire des opérations.

3.3 Le produit *Bio Park* est vendu surtout aux municipalités qui désirent une solution verte pour l'entretien de leurs parcs. Un analyste travaille actuellement à établir le meilleur modèle de prévision pour ce produit. On a donc utilisé les ventes de la dernière année et on a testé deux méthodes, soit la moyenne mobile à $k = 3$ et le lissage exponentiel avec $\alpha = 0,4$. Malheureusement, le fichier de l'analyste a été corrompu et certaines données ont disparu. Trouvez les cinq données manquantes dans le tableau ci-dessous.

		Moyenne mobile (k = 3)		**Lissage (α = 0,4)**	
Périodes	Demande (milliers d'unités)	Prévision	Erreur	Prévision	Erreur
1	388			388	
2	i)			388	
3	ii)			386,40	
4	383	388,00	-5,00	388,64	-5,64
5	387	386,33	0,67	386,38	0,62
6	391	387,33	3,67	386,63	4,37
7	399	387,00	12,00	388,38	10,62
8	394	392,33	1,67	iii)	iv)
9	390	394,67	-4,67	393,18	-3,18
10	388	394,33	-6,33	391,91	-3,91
11	390	390,67	-0,67	390,34	-0,34
12	387	389,33	-2,33	390,21	-3,21
		Écart absolu moyen	v)	Écart absolu moyen	3,69

3.4 Selon le tableau précédent, la méthode de prévision par moyenne mobile donne-t-elle des prévisions biaisées dans un sens ou dans l'autre? Justifiez.

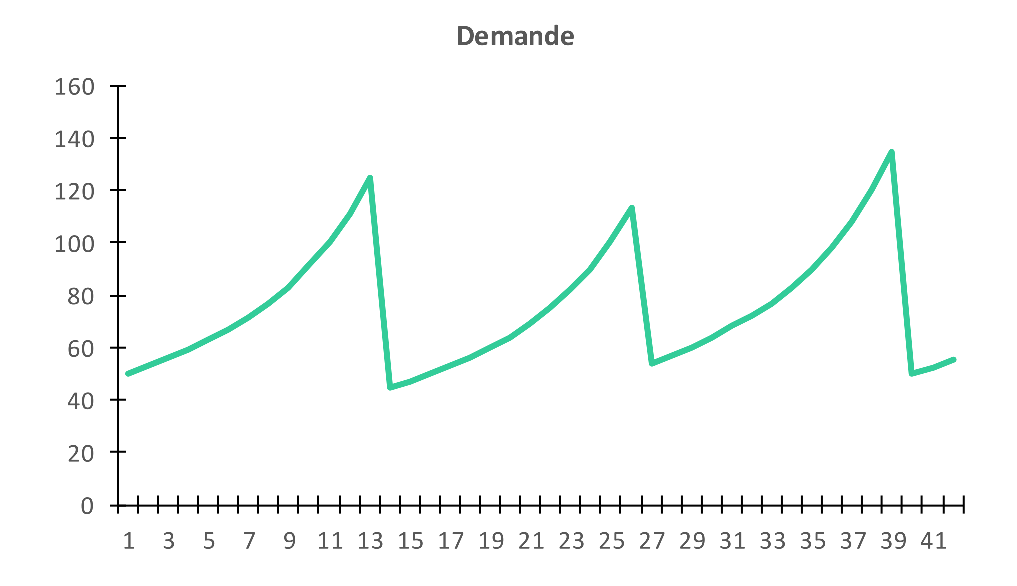
4. Dumot Plus

Luc Vinet est gestionnaire des opérations d'une petite entreprise. Ses responsabilités sont multiples, mais pour l'instant il travaille à prévoir la demande des différents produits fabriqués par l'entreprise Dumot Plus. Avant toute chose, il a séparé les produits à demande dépendante des produits à demande indépendante.

4.1 Expliquez clairement pourquoi les produits à demande indépendante nécessitent des prévisions, alors que les produits à demande dépendante ne nécessitent aucune prévision.

4.2 Le tableau et le graphique qui suivent montrent les ventes du produit Dumobile.

	Semaine	Demande		Semaine	Demande		Semaine	Demande		Semaine	Demande
Janvier / Février / Mars	1	50	Avril / Mai / Juin	14	45	Juillet / Août / Septembre	27	54	Octobre / Novembre / Décembre	40	50
	2	53		15	47		28	57		41	52
	3	56		16	50		29	60		42	55
	4	59		17	53		30	64		43	
	5	63		18	56		31	68		44	
	6	67		19	60		32	72		45	
	7	71		20	64		33	77		46	
	8	77		21	69		34	83		47	
	9	83		22	75		35	90		48	
	10	91		23	82		36	98		49	
	11	100		24	90		37	108		50	
	12	111		25	100		38	120		51	
	13	125		26	113		39	135		52	
	Total	**1 006**		**Total**	**904**		**Total**	**1 086**		**Total**	



Monsieur Vinet analyse les informations qu'il a recueillies pour s'assurer de bien choisir la méthode de prévision à utiliser pour le produit Dumobile. Quelles sont les composantes de la demande de ce produit?

4.3 Monsieur Vinet analyse maintenant le total des ventes mensuelles pour le produit Balaboum, un produit bien différent. Il s'interroge sur les résultats obtenus l'année dernière par la méthode du lissage exponentiel. Le tableau qui suit présente les prévisions, la demande réelle, l'écart et l'écart quadratique.

	Prévision	Demande	Écart	Écart quadratique
Janvier	218,7	215	-3,7	13,69
Février	215,37	210	-5,37	28,84
Mars	210,54	225	14,46	209,18
Avril	223,55	201	-22,55	508,67
Mai	203,26	–	–	–
Juin	212,03	217	4,97	24,75
Juillet	216,5	219	2,5	6,24
Août	218,75	208	-10,75	115,57
Septembre	209,08	221	11,92	142,21
Octobre	219,81	204	-15,81	249,88
Novembre	205,58	209	3,42	11,69
Décembre	208,66	–	–	–
		Moyenne	**-0,32**	**121,63**

Note : Les valeurs de décembre ont été masquées volontairement. Vous n'avez pas à les calculer.

4.3.1 Quel est le facteur de lissage utilisé par monsieur Vinet?

4.3.2 Remplissez les cases laissées vides dans le tableau.

4.3.3 La méthode actuelle vous semble-t-elle biaisée? Justifiez.

5. La microbrasserie

Une micro-brasserie québécoise cherche à établir la meilleure méthode de prévision pour la consommation hebdomadaire de litres de bière. Vous trouverez les données pertinentes dans le tableau suivant.

		Prévisions			
Semaine	Demande	Moyenne mobile (k=3)	Moyenne pondérée (45/35/20)	Lissage exponentiel (α = **?**)	Écart Lissage exponentiel
1	743			743,0	
2	789			743,0	
3	724			756,8	
4	**?**	**?**	750,6	747,0	
5	782	763,7	761,3	756,3	
6	795	761,3	769,0	764,0	
7	740	785,0	787,1	773,3	**?**
8	775	772,3	**?**	763,3	

5.1 Complétez le tableau en calculant les chiffres qui sont représentés par des points d'interrogation (?)

5.2 Identifiez deux facteurs internes et deux facteurs externes concrets qui peuvent influencer la demande de bière de la micro-brasserie.

6. La demande chez Hydro-Québec

Le tableau ci-dessous montre la consommation mensuelle d'électricité par les clients québécois lors d'une année récente.

Mois	Consommation totale (en millions de MWh)
Janvier	20,161
Février	18,953
Mars	17,741
Avril	15,330
Mai	12,941
Juin	12,058
Juillet	12,433
Août	12,728
Septembre	11,945
Octobre	13,350
Novembre	15,226
Décembre	19,410

6.1 À partir de ces données, calculez l'indice de saisonnalité pour chaque mois.

6.2 Compte tenu de l'accroissement de la population et du taux de conversion au chauffage électrique, on prévoit que dans trois ans, la demande totale annuelle sera de 200 millions de MWh. Si tel est le cas, et si les saisonnalités sont les mêmes, quelle sera la demande pour chaque mois?

Problèmes non résolus

1. Boulangerie Matins Dorés

La Boulangerie Matins Dorés produit des beignes au miel qu'elle distribue à travers un réseau d'épiceries de la région de Montréal. Les beignes sont produits à l'aide d'une recette secrète ancestrale, qui requiert que la pâte soit préparée plusieurs jours à l'avance (le vieillissement de la pâte est le secret de la légèreté et du goût particulier de ces beignes). Située dans l'est de la ville, l'entreprise cuit et emballe les beignes au cours de la nuit selon le carnet de commande de la journée. Les camions de livraison partent à quatre heures chaque matin (sauf le dimanche) afin d'approvisionner la clientèle en beignes frais du jour. L'entreprise étant fermée le dimanche, la livraison du samedi inclut les commandes des deux prochains jours.

M. Horton, propriétaire de l'entreprise depuis quelques mois, fait face à plusieurs problèmes de surproduction ou de sous-production de pâte dus à des difficultés de prévision de la demande. De deux choses l'une : ou l'on doit jeter de la pâte produite en trop grande quantité, ou l'on manque de pâte pour produire en quantité suffisante. Afin de remédier à la situation, il considère les ventes des quatre dernières semaines (voir le tableau ci-dessous) et tente de les analyser.

	Ventes quotidiennes (en douzaines de beignes)			
Jours	**Il y a 4 semaines**	**Il y a 3 semaines**	**Il y a 2 semaines**	**Semaine dernière**
Lundi	2 200	2 400	2 300	2 400
Mardi	2 000	2 100	2 200	2 200
Mercredi	2 300	2 400	2 300	2 500
Jeudi	1 800	1 900	1 800	2 000
Vendredi	1 900	1 800	2 100	2 000
Samedi	2 800	2 700	3 000	2 900

Représentez graphiquement les ventes quotidiennes de beignes des quatre dernières semaines. Commentez l'allure de la demande de beignes chez Matins Dorés.

2. D-Roll

Suite aux résultats qu'il a obtenus en testant différentes méthodes quantitatives pour prévoir les ventes de planches à roulettes (voir l'exemple présenté dans ce chapitre), Elias Chamma décide d'utiliser la méthode de lissage exponentiel avec un facteur de lissage $\alpha = 0{,}2$. Dans l'année qui suit (soit pour les mois 16 à 27), il a obtenu les résultats reproduits dans le tableau ci-dessous.

Mois	Ventes réalisées	Ventes prévues Lissage exponentiel α = 0,2
12	16 980	16 990
13	17 280	16 988
14	17 030	17 046
15	17 230	17 043
16	16 950	17 080
17	16 540	17 054
18	16 750	16 951
19	17 020	16 911
20	16 740	16 933
21	16 420	16 894
22	16 650	16 799
23	16 450	16 770
24	16 230	16 706
25	16 360	16 611
26	16 400	16 560
27	16 320	16 528

Elias a continué à effectuer les calculs d'erreurs reliés à la méthode de prévision choisie. À la fin de l'année, l'écart absolu moyen pour les 12 derniers mois est de 265, alors que l'écart quadratique moyen est de 89 862. Cela l'inquiète, puisque pour les périodes 5 à 15, ces écarts étaient de 140 et 27 217.

2.1 Pour l'aider à y voir clair, préparez une feuille de calcul *Excel* permettant de refaire les calculs qu'Elias avait effectués l'année précédente, à savoir :

- établir les prévisions en utilisant :
  - la moyenne mobile (non pondérée) à $k = 3$ et à $k = 4$;
  - la moyenne mobile pondérée à $k = 4$, avec une pondération de 50 % – 25 % – 15 % – 10 %;
  - le lissage exponentiel avec $\alpha = 0{,}2$ et avec $\alpha = 0{,}5$, (note : puisqu'on a déjà des prévisions passées, les nouvelles prévisions doivent continuer en utilisant les ventes des périodes de la fin de l'année précédente);
- à partir des prévisions arrondies à l'entier près, calculer, pour chacune des prévisions, l'écart absolu et l'écart quadratique;
- pour chaque méthode, calculer l'écart absolu moyen et l'écart quadratique moyen pour les 12 derniers mois.

2.2 Selon les résultats obtenus, Elias devrait-il continuer à faire ses prévisions en utilisant le lissage exponentiel avec $\alpha = 0{,}2$? Si oui, pourquoi? Sinon, quelle méthode devrait-il adopter désormais? Justifiez votre réponse.

2.3 En examinant de plus près les ventes de cette année (mois 16 à 27), comment peut-on expliquer les nouvelles mesures d'erreur obtenues lorsqu'on a recours au lissage exponentiel avec $\alpha = 0{,}2$?



3 La gestion des stocks

Objectifs d'apprentissage

À la fin de ce chapitre, vous devriez être capable :

- d'identifier les différents types de stocks et de connaître leur rôle;
- d'appliquer le principe de la loi de Pareto pour effectuer la classification ABC des articles stockés selon leur valeur et leur consommation annuelle;
- d'expliquer les enjeux liés aux pénuries et de réaliser l'arbitrage entre les risques de pénurie et les conséquences de conserver les articles en main (possession); de montrer comment cet arbitrage est relié au concept de niveau de service;
- d'expliquer les enjeux liés à la conservation de stocks élevés et à la passation fréquente de commandes; de réaliser l'arbitrage commande-stock et de calculer une quantité économique à commander (*QEC*) simple. De retracer les hypothèses sous-jacentes au modèle de base du lot économique et de démontrer comment la faible sensibilité du modèle permet son application même en situation de relative incertitude;
- d'analyser l'impact financier et stratégique des différentes décisions de gestion des stocks et de calculer le coût total annuel de différentes options; d'amorcer une démarche de réduction des stocks en identifiant les causes possibles des surplus de stocks;
- de faire la différence entre les modèles de point de réapprovisionnement à période fixe et à période variable; de calculer le point de réapprovisionnement et la période de réapprovisionnement;
- d'évaluer les risques liés à la variabilité et au caractère probabiliste de la demande et des délais; de comprendre le lien entre cette variabilité, le niveau de service et la nécessité de conserver un stock de sécurité;
- de choisir le modèle de gestion des stocks le plus approprié aux différents types et catégories de stocks.

3.1 Les notions de stock, d’entreposage et d’inventaire

Les **stocks** sont des articles (matières premières, composantes, produits finis, fournitures diverses) qui sont conservés en vue d’un usage ultérieur.

L’**entreposage** est l’activité de conservation des stocks en entrepôt, qui est le lieu physique où sont conservés les stocks en attendant leur usage.



L’**inventaire** est l’activité de dénombrement des articles en stock; « faire l’inventaire », c’est compter le nombre d’articles physiquement en stock. On parle d’*inventaire permanent* lorsque les systèmes d’information permettent de connaître et de tenir à jour en temps réel le nombre d’articles en stock.

Les types de stocks

Selon le type d’organisation (industrielle ou de services), on retrouve différents types de stocks qu’il est important de distinguer afin de comprendre leur impact sur les opérations et de déterminer le mode de gestion des stocks le plus approprié et les quantités requises pour chacun :

- **Stocks de produits finis :** ce sont les produits complétés prêts à livrer aux clients. Ces stocks permettent de répondre rapidement aux demandes des clients, sans devoir attendre que le produit soit fabriqué. Il peut s’agir des produits finis fabriqués par l’organisation elle-même, mais aussi des stocks de produits détenus par les entreprises de distribution ou de vente au détail;

- **Stocks de matières premières :** ce sont les matières qui sont achetées pour être ensuite transformées (par exemple le bois pour un fabricant de meubles, les produits chimiques pour une entreprise pharmaceutique ou les légumes frais pour un restaurant);

- **Stocks de composants :** ce sont des pièces ou des parties complètes qui entrent dans la composition d’un produit, et qui peuvent être achetées toutes faites ou fabriquées par l’entreprise (par exemple, les batteries qui sont utilisées dans les véhicules automobiles, les cartes mémoire qui servent à fabriquer les ordinateurs, ou encore les sauces préparées d’avance ou achetées toutes faites dans les restaurants, etc.);

- **Stocks de produits en cours (*PEC*) :** ce sont les matières qui sont en cours de transformation (par exemple les pièces de bois déjà découpées pour fabriquer les meubles mais qui n'ont pas encore été sablées ou vernies, ou les produits chimiques qui ont été mélangés mais pas encore transformés en comprimés ou mis en capsules); ils sont aussi appelés *produits semi-finis, en transformation partielle* ou *sur la ligne d'assemblage*;



- **Stocks ERO (Entretien, Réparation, Opération) :** ce sont les fournitures diverses qui sont utilisées un peu partout dans l'entreprise, que ce soit pour l'entretien (par exemple le savon pour nettoyer les planchers), les réparations (par exemple les pièces de rechange pour l'équipement) ou les opérations (par exemple les fournitures de bureau dans une compagnie d'assurance, les gants chirurgicaux dans un hôpital, etc.). Il s'agit normalement de matières qui ne font pas partie des produits finis eux-mêmes.

Pourquoi conserver des stocks?

Essentiellement, les stocks permettent à l'entreprise de répondre immédiatement aux besoins, qu'il s'agisse (à l'interne) des besoins des employés, qui ne peuvent travailler que s'ils disposent des matières premières, composants, produits en cours et produits ERO requis, ou qu'il s'agisse (à l'externe) des besoins de clients qui veulent acheter les produits finis (clients industriels, distributeurs, consommateurs…). Plusieurs autres raisons incitent aussi les entreprises à conserver des articles en stock :

- **Stocks d'anticipation :** ils peuvent être divisés en deux sous-groupes. D'un côté, on conserve des articles en stock en prévision d'une hausse de la demande prévue; par exemple, les fabricants de crème glacée et de bière augmentent la production au printemps et créent des stocks en prévision de la forte demande de la saison estivale – on qualifie aussi ces stocks de *saisonniers*. D'un autre côté, on peut augmenter les stocks pour se protéger d'éventuelles augmentations de prix; par exemple, les entreprises qui utilisent des métaux rares et chers surveillent de près les prix du marché et se constituent des stocks lorsque les prix sont bas – ces stocks sont aussi appelés *spéculatifs*;
- **Stocks cycliques** (ou de lotissement) : ces stocks peuvent servir soit à minimiser le nombre de commandes à passer, soit à conserver les surplus générés par une taille de lot à respecter. Par exemple, la plupart des familles québécoises font le marché une fois par semaine plutôt que de devoir aller acheter de petites quantités tous les jours. Dans le même sens, même si l'on n'a besoin dans l'immédiat que de deux œufs, comme il faut les acheter à la douzaine on conserve les surplus pour usage ultérieur;
- **Stocks tampons :** ce sont en général des stocks de produits en cours que l'on conserve entre les différentes étapes de fabrication pour rendre chacune de ces étapes moins vulnérable aux arrêts temporaires de production des postes en amont;
- **Stocks de sécurité :** ce sont des stocks additionnels que l'on conserve dans les situations où l'on n'est pas certain de la demande future ou du temps qu'il faudra pour se réapprovisionner. Le stock de sécurité permet de réduire les risques de pénuries qui peuvent être occasionnés par une demande plus élevée ou des délais de livraison plus longs que prévu;
- **Stocks de transit :** ce sont les stocks qui sont liés au transport et à la manutention des matières, que ce soit entre les fournisseurs et notre usine (pour les matières premières), entre nos différents sites de fabrication (pour les produits en cours et les composants) ou en livraison vers les clients (pour les stocks de produits finis).



3.2 En quoi la gestion des stocks est-elle importante pour moi?

Si je travaille en :

- **comptabilité**, j'aurai à fournir l'estimé des coûts qui doivent être utilisés pour la gestion des stocks, et à gérer les mouvements de caisse liés aux paiements des fournisseurs et à la facturation des clients. Je devrai aussi comprendre le rôle et l'importance des stocks au moment de la préparation des états financiers; entre autres, les différents types de stocks (produits finis, en cours, etc.) doivent être comptabilisés de manière distincte;

- **finance**, je devrai évaluer le coût d'opportunité des investissements dans les stocks, et décider de la meilleure manière de les financer et de gérer les flux de trésorerie qu'ils impliquent;

- **gestion des systèmes d'information de gestion**, je devrai développer et maintenir les outils nécessaires pour assurer le suivi et le contrôle de l'état des stocks;

- **marketing et ventes**, l'état des stocks et les décisions relatives aux niveaux de stock auront une influence directe sur la capacité à satisfaire les clients. J'aurai souvent à discuter avec mes collègues de la GOL et de la finance pour établir un niveau de stock qui permette à la fois de répondre rapidement à la demande du marché et de réduire les coûts et les risques liés aux stocks;

- **gestion des opérations et de la logistique**, j'aurai moi-même la responsabilité de contrôler les stocks et d'établir les politiques de stockage, et ce, en tenant compte des différents besoins et contraintes de l'organisation.

3.3 La classification ABC

Qu'il soit responsable des matières premières, des produits en cours ou des produits finis, le gestionnaire des stocks peut avoir à gérer plusieurs centaines et même plusieurs milliers d'articles différents. Il est donc difficile, voire impossible, de suivre quotidiennement les quantités en stocks de chacun des articles. En utilisant la méthode de classification ABC, le responsable des stocks pourra identifier les produits les plus importants et leur consacrer davantage d'attention.



La méthode de classification ABC est fondée sur la « loi de Pareto », selon laquelle « 20 % des causes produisent 80 % des effets ». Si l'on applique ce principe à la gestion des stocks, on constate qu'un petit nombre d'articles représente souvent un grand pourcentage de la valeur des articles stockés. Donc, si l'on gère très rigoureusement ce petit nombre d'articles importants, on peut réduire substantiellement les problèmes et les coûts liés aux stocks. La classification ABC permet de distinguer les articles auxquels il faut porter le plus d'attention de ceux pour lesquels une gestion plus globale est suffisante.

En général, les catégories A, B et C sont déterminées de la manière suivante :

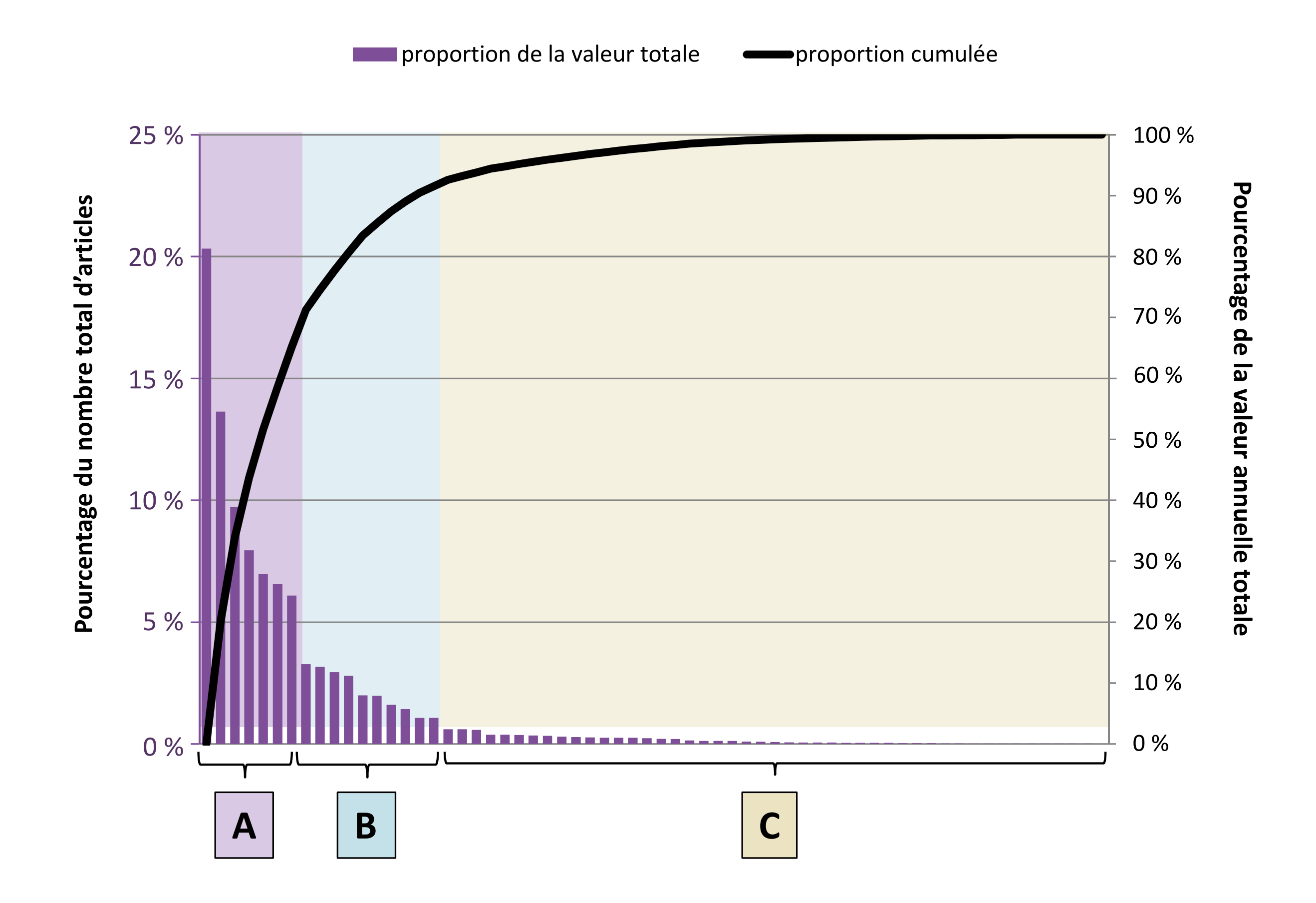
Catégories	A	B	C
Pourcentage du nombre total d'articles	10 à 20 %	20 à 30 %	50 à 70 %
Pourcentage de la valeur d'utilisation	50 à 70 %	20 à 40 %	Environ 10 %
Niveau de contrôle des stocks	Rigoureux	Normal	Simplifié

Pour les articles de catégorie A, les stocks seront suivis de très près : on s'assurera que les prévisions soient précises et l'on fera probablement des commandes plus fréquentes; on sélectionnera avec soin les fournisseurs; on fera un contrôle plus serré des stocks pour réduire les pertes; enfin, on calculera avec soin les stocks de sécurité nécessaires. À l'autre extrême, pour les articles de catégorie C, les efforts seront minimaux et dépendront de l'utilisation finale des articles. S'il s'agit de petites fournitures peu coûteuses mais néanmoins essentielles (par exemple les sacs d'emballage dans un supermarché ou les vis chez un fabricant de meubles), on conservera généralement des stocks élevés de manière à ne pas en manquer, car le coût de stockage de ces articles est peu élevé et qu'on est certain de les utiliser éventuellement. Au contraire, s'il s'agit d'articles coûteux et qu'on utilise très peu souvent, on en gardera peu ou pas en stock, quitte à devoir payer une prime pour en faire l'acquisition rapidement, au besoin. Enfin, pour les articles de catégorie B, on fera de bons efforts de gestion des stocks, mais probablement moindres que pour les articles A.

Pour réaliser la classification ABC sur un grand nombre d'articles, on procède de la manière suivante :

Étape 1	Calculer la valeur annuelle d'utilisation (consommation annuelle × prix unitaire).
Étape 2	Calculer le pourcentage de la valeur d'utilisation pour chaque article et classer par ordre décroissant de valeur totale.
Étape 3	Calculer les pourcentages cumulatifs d'utilisation et effectuer le classement, en tenant compte des proportions indiquées au tableau précédent. Par exemple, s'il y a 200 articles à classer, on peut s'attendre à ce que la catégorie A comprenne entre 20 et 40 articles (soit 10% à 20 % de 200) qui représentent ensemble entre 50% et 70 % de la valeur annuelle des achats. La classification est souvent plus facile à effectuer en représentant les données sous forme graphique, comme l'illustre la figure 3.1.

Figure 3.1 **Représentation graphique des stocks pour l'analyse ABC**



Note importante : il n'y a pas de règle absolue pour savoir où tracer la limite entre A et B, ou entre B et C. L'important est qu'on arrive à identifier un groupe d'articles prioritaires selon des critères précis et qu'on ajuste les efforts de gestion en conséquence. L'objectif de la classification ABC – et plus largement, de l'analyse de Pareto – est de mettre les efforts là où ça compte. Par exemple, pour un gérant de supermarché, il serait bien plus grave d'être en pénurie de litres de lait 2 % que d'être en pénurie de sauce Tabasco : plus de clients seraient insatisfaits, les ventes perdues seraient plus importantes et l'impact sur l'image du magasin serait plus grand. Il est donc normal de mettre proportionnellement plus d'effort à bien gérer les stocks de lait ou des autres articles très souvent consommés (surtout s'ils ont une valeur élevée) qu'à gérer ceux des produits peu demandés. L'application de la loi de Pareto et la classification ABC font partie des outils les plus utilisés par les gestionnaires, non seulement en gestion des stocks mais aussi dans d'autres domaines. En marketing, par exemple, on sait que bien souvent, 80 % des ventes sont générées par 20 % des clients; de même, en gestion du personnel, on constate généralement qu'un petit nombre d'employés sont ceux qui présentent le plus de problèmes d'absentéisme. Dès qu'on se retrouve dans une situation où il est nécessaire d'établir des priorités, la loi de Pareto peut s'avérer un outil précieux.

Exemple

On a relevé les articles suivants de la liste du matériel utilisé par le Service d'entretien d'un grand hôpital montréalais :

Code de produit	Quantité utilisée par année	Prix unitaire	Valeur annuelle des achats
101	30 000	2,50 $	75 000 $
102	100 000	2,40 $	240 000 $
105	2 000	2,00 $	4 000 $
201	10 000	8,00 $	80 000 $
203	500	3,00 $	1 500 $
206	6 000	4,60 $	27 600 $
305	1 000	8,75 $	8 750 $
310	3 000	2,50 $	7 500 $

Comme on le voit, certains produits sont utilisés en beaucoup plus grandes quantités (par exemple le produit 102), alors que d'autres sont beaucoup plus coûteux (les produits 305 et 201). Pour tenir compte simultanément de ces deux dimensions importantes, on utilise habituellement comme critère de classification la valeur annuelle des achats (colonne de droite). Si l'on considère ensuite la proportion du total des achats représentée par chacun des produits (voir le tableau ci-dessous), on constate que le produit le plus important est l'article 102, qui représente à lui seul 54 % de la valeur annuelle des achats. Cet article serait certainement classifié « A ». Les articles 201 et 101 représentent respectivement 18 % et 17 % de la valeur totale, soit bien moins que l'article 102. Ils seraient donc classifiés « B ». Enfin, les cinq articles restants ont une valeur bien moindre et seraient classifiés « C ».

Code de produit	Quantité utilisée par année	Prix unitaire	Valeur annuelle des achats (quantité × prix unitaire)	Proportion de la valeur totale	Classification
102	100 000	2,40 $	240 000 $	54 %	**A**
201	10 000	8,00 $	80 000 $	18 %	**B**
101	30 000	2,50 $	75 000 $	17 %	**B**
206	6 000	4,60 $	27 600 $	6 %	**C**
305	1 000	8,75 $	8 750 $	2 %	**C**
310	3 000	2,50 $	7 500 $	1,7 %	**C**
105	2 000	2,00 $	4 000 $	0,9 %	**C**
203	500	3,00 $	1 500 $	0,3 %	**C**
		Valeur totale	444 350 $		

3.4 Les coûts liés aux stocks et les arbitrages à réaliser

Bien que les stocks aient l'avantage de permettre de répondre rapidement à une demande interne ou externe, ils entraînent de coûts importants. Les gestionnaires doivent donc constamment réaliser des arbitrages pour avoir le bon niveau de stocks – pas trop, mais juste assez.

Les coûts liés aux stocks

Les **coûts de stockage** incluent les éléments suivants :

- Le coût du capital investi dans les stocks : il est habituellement équivalent au taux d'intérêt payé sur le capital emprunté, ou encore au coût d'opportunité (rendement que l'entreprise pourrait obtenir sur cet argent s'il était investi ailleurs);
- Les coûts liés au maintien des entrepôts : coût de l'espace occupé par les stocks; équipement lié au stockage et à la manutention; chauffage ou réfrigération des entrepôts; coûts liés à la surveillance et à la sécurité, etc.;
- Les coûts liés à la détention des produits : pertes liées au bris, à la détérioration et au vol des produits entreposés; pertes liées à la désuétude de certains produits (produits périssables ou pour lesquels il y a souvent des changements de modèle, par exemple le matériel informatique); primes d'assurance pour les produits en stock.

Si l'on additionne l'ensemble des coûts précédents, on obtient un coût annuel de stockage qui représente au moins 15 % de la valeur de la marchandise en stock et qui peut facilement atteindre 40 % dans certains secteurs d'activité (autrement dit, conserver en stock pendant un an une unité d'un produit valant 100 $ peut coûter entre 15 $ et 40 $). On comprend donc l'importance de bien gérer les stocks et de ne pas en conserver plus que nécessaire.

L'arbitrage possession-pénurie

La question ici est de savoir s'il vaut mieux avoir beaucoup d'articles en stock pour ne pas encourir de pénuries, quitte à avoir des coûts de stockage élevés, ou bien s'il vaut mieux garder peu d'articles en stock pour diminuer les coûts de stockage, quitte à subir à l'occasion des pénuries. La décision est normalement prise en comparant les coûts de stockage aux coûts engendrés par les pénuries.

Les **coûts de pénurie interne** sont occasionnés par les ruptures de stocks de matières premières, de composants, de produits en cours ou de produits ERO. Au mieux, ces ruptures de stocks obligent à modifier le calendrier de production (on fabriquera les produits en fonction de la disponibilité des stocks de matières et de composants plutôt qu'en fonction du calendrier établi au départ); au pire, les pénuries peuvent forcer l'arrêt de la production.

Les **coûts de pénurie externe** sont ceux qui sont encourus lorsqu'on perd des ventes ou qu'on doit retarder des livraisons aux clients à cause d'un manque de stocks. Ils peuvent inclure les compensations à offrir aux clients lésés ou le recours à des modes de livraison plus rapides mais aussi plus coûteux pour rattraper le retard. À long terme, les ruptures de stocks peuvent occasionner une perte de confiance des clients et une perte d'image dont l'impact peut être très coûteux, bien que difficile à quantifier.

L'arbitrage possession-pénurie se traduit par l'établissement d'un **niveau de service.** Selon les entreprises et les secteurs d'activité, on peut retrouver différentes définitions du niveau de service, mais il est généralement représenté par une probabilité de répondre à la demande des clients ou des usagers. En gestion des stocks, on définit souvent le niveau de service comme la probabilité que les stocks en main permettent de répondre à toute la demande pour un produit donné jusqu'à son prochain réapprovisionnement. Par exemple, un niveau de service de 95 % indique que les stocks permettront de répondre à toute la demande 95 % du temps. Autrement dit, on accepte que sur 100 cycles de réapprovisionnement, il y ait en moyenne cinq cycles où l'on soit en pénurie. Chaque entreprise détermine les niveaux de service qu'elle souhaite avoir pour ses différents produits en fonction de son évaluation des coûts de possession (essentiellement, le coût de stockage) et de pénurie. Par exemple, pour un hôpital, les conséquences d'être en pénurie de gants chirurgicaux ou de fil de suture seraient très graves; on établira donc pour ces produits un niveau de service très élevé (99 % ou plus). Par contre, les conséquences d'être en pénurie de stylos-billes sont moins graves, et l'on pourrait fixer pour ces produits un niveau de service de 90 % ou moins.

L'arbitrage commande-stock

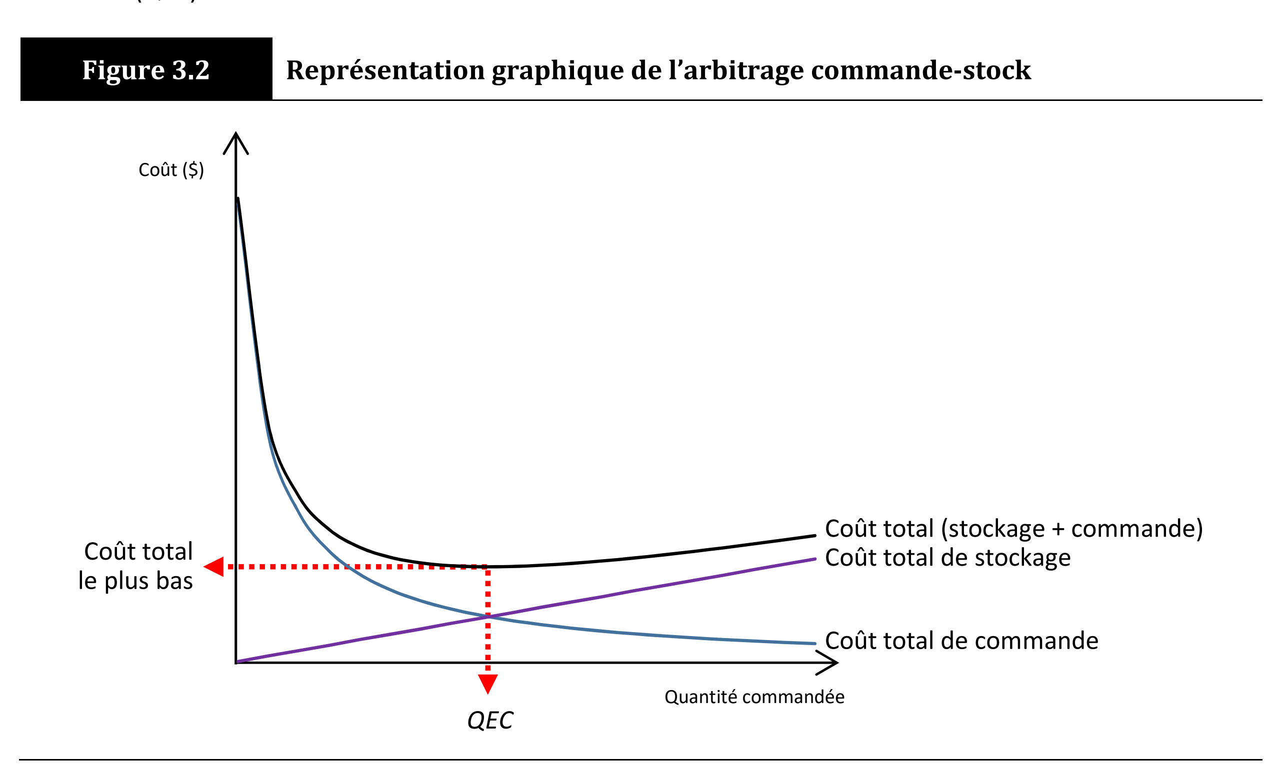
La question ici est de savoir s'il vaut mieux commander souvent de petites quantités à la fois de manière à réduire les stocks, ou s'il vaut mieux commander de grandes quantités pour avoir moins souvent à passer des commandes. Cet arbitrage est réalisé en comparant les coûts de stockage aux coûts de commande.

Le **coût de commande** est le coût engendré non pas par l'achat du produit (son prix d'achat), mais par le fait de passer une commande : préparation de la réquisition d'achat et du bon de commande; temps et coûts engendrés par les contacts avec les fournisseurs; frais fixes de livraison, de réception, d'inspection et de manutention de la marchandise reçue; autorisation de paiement, traitement de la facture et conciliation bancaire. C'est donc un coût fixe qui est encouru dès qu'on passe une commande, et ce, quelle que soit la quantité de produits achetée.

L'arbitrage commande-stock est aussi applicable aux commandes de fabrication : vaut-il mieux fabriquer peu de produits à la fois pour ne pas avoir trop de stocks, ou fabriquer beaucoup de produits à la fois pour faire moins de mises en route? Rappelons que les mises en route sont les étapes de « démarrage » qui doivent être réalisées avant que la fabrication proprement dite puisse commencer. Par exemple, lorsqu'on souhaite peinturer un mur, il faut d'abord s'assurer d'avoir sous la main tous les articles requis, installer des bâches de protection sur le plancher, puis à la fin nettoyer les rouleaux et ranger le tout. Les coûts de mise en route incluent donc toutes les étapes de préparation de la demande de fabrication, la mise au point des équipements, les unités défectueuses ou les pertes liées au démarrage d'un lot, le nettoyage de l'équipement à la fin du lot, etc. C'est donc aussi un coût fixe qui est encouru dès qu'on fait une commande de fabrication et qui ne varie pas, quelle que soit la quantité fabriquée.

Qu'il s'agisse de commandes d'achat ou de fabrication, l'arbitrage s'énonce ainsi : plus on commande de grandes quantités à la fois, plus il y a d'articles en stock et plus le coût total annuel de stockage augmente. Par contre, plus on commande de petites quantités à la fois, plus le coût total annuel lié à la passation des commandes (ou aux mises en route) augmente. L'arbitrage commande-stock s'effectue en trouvant la quantité à acheter (ou à fabriquer) qui permet de minimiser le total de ces deux coûts, tel que l'indique le graphique de la figure 3.2. Cette quantité se nomme « quantité économique à commander » (*QEC*).

Figure 3.2 **Représentation graphique de l'arbitrage commande-stock**



3.5 Le calcul de la quantité économique à commander

Comment calculer la quantité économique à commander

Comme le montre la figure 3.2, la quantité économique à commander (*QEC*), ou lot économique, correspond exactement au point où le coût total annuel de commande est égal au coût total annuel de stockage. Quelle est cette quantité, et quels sont ces coûts totaux?

Prenons l'exemple d'une entreprise qui doit acheter du papier pour ses imprimantes et ses photocopieuses. Supposons que la consommation annuelle totale (ou demande totale, *DT*), soit de 30 000 caisses de papier et que, présentement, l'entreprise commande le papier à raison de 2 000 caisses à la fois (quantité commandée à chaque fois, *QC*). Elle commande donc du papier 15 fois par année (soit *DT*/*QC*). Si le coût lié au fait de passer une commande (C_c) est de 100 $, le coût total annuel de commande (C_{tc}), c'est-à-dire le coût encouru pour passer ces 15 commandes, est de 1 500 $ (soit, 100 $ × [30 000/2 000]). Autrement dit :

Coût annuel de commande

$$C_{tc} = C_c \times (DT/QC)$$

Quel est le coût total annuel encouru pour stocker ces unités? Pour le calculer, il faut savoir combien coûte le fait de stocker une unité pendant un an (coût unitaire de stockage, C_e) et il faut connaître la quantité en stock. Mais la quantité en stock n'est pas constante : elle monte à 2 000 caisses lorsqu'on vient de recevoir la commande, puis diminue au fur et à mesure que le papier est utilisé, et ce, jusqu'à l'arrivée de la commande suivante. Dans le modèle du lot économique, on fait l'hypothèse que les 2 000 caisses seront livrées en une seule fois, qu'elles seront utilisées à un taux constant et que la prochaine commande arrivera juste au moment où le stock sera épuisé. Ces hypothèses permettent d'estimer que la quantité moyenne en stock est $QC/2$. Pour calculer le coût total annuel de stockage (C_{te}), il suffit ensuite de multiplier la quantité moyenne en stock ($QC/2$) par le coût unitaire de stockage (C_e). Autrement dit :

Coût annuel de stockage

$$C_{te} = C_e \times (QC/2)$$

Dans l'exemple donné, si l'on commande 2 000 caisses à la fois, la quantité moyenne en stock est de 1 000 caisses ($QC/2$); si le coût pour stocker une caisse pendant un an est de 7 $, alors le coût total annuel de stockage est de 7 000 $ (soit 7 $ × [2 000/2]). Donc, pour cette entreprise, le fait de commander 2 000 caisses à la fois engendre un coût total annuel (CT) de 8 500 $ (soit 1 500 $ en coût total de commande et 7 000 $ en coût total de stockage). Remarquons que ce coût total annuel n'inclut pas le coût d'achat des caisses de papier. Il s'agit seulement du total des coûts de stockage et des coûts de passation des commandes, qui sont liés au choix de la quantité qui est commandée à chaque réapprovisionnement.

Ce calcul permet d'ores et déjà de conclure que pour cette entreprise, acheter le papier en lots de 2 000 caisses à la fois n'est pas la solution la plus économique. En effet, comme on l'a vu plus tôt, la quantité économique à commander (QEC) correspond exactement au point où le coût total annuel de commande est égal au coût total annuel de stockage. Or, ici, le coût total annuel de commande est de 1 500 $ alors que le coût total annuel de stockage est de 7 000 $. Mais comment trouver la QEC? Si la QEC est la valeur de QC telle que $C_{te} = C_{tc}$, alors à la QEC :

$$C_e \times (QC/2) = C_c\,(DT/QC)$$

Si l'on isole *QC*, on trouve que la *QEC* (c'est-à-dire la *QC* qui minimise le coût total annuel) est :

Quantité économique à commander

$$QEC = \sqrt{\frac{2 \times DT \times C_c}{C_e}}$$

Dans l'exemple des caisses de papier, la *QEC* est de 926 caisses, soit :

$$QEC = \sqrt{\frac{2 \times 30\ 000 \times 100}{7}}$$

Autrement dit, compte tenu des coûts de stockage et des coûts de commande, il est plus avantageux pour cette entreprise de commander plus souvent de plus petites quantités à la fois. Si l'organisation adopte cette nouvelle politique et commande maintenant 926 caisses à la fois (plutôt que 2 000), son coût total annuel (sans compter le coût du papier, dans la mesure où il reste le même quelle que soit la quantité commandée) sera maintenant :

$CT = C_{te} + C_{tc}$

$CT = [C_e \times (QC/2)] + [C_c \times (DT/QC)]$

$CT = [7\ \$ \times (926/2)] + [100\ \$ \times (30\ 000/926)]$

$CT = 3\ 241\ \$ + 3\ 240\ \$$

$CT = 6\ 481\ \$$

Rappelons que le coût de commander 2 000 caisses à la fois était de 8 500 $; on pourrait donc obtenir une économie annuelle de 2 019 $ simplement en changeant la taille des commandes. On remarque également, dans le calcul ci-dessus, que le coût total de stockage est égal au coût total de commande, preuve que l'on se situe bien à la *QEC* (l'écart de 1 $ est dû à l'arrondissement, la *QEC* exacte étant 925,82 caisses).

En résumé, pour calculer la *QEC*, il faut :

Étape 1	• Déterminer la demande et les coûts unitaires : ○ *DT* : Demande totale annuelle, c'est-à-dire quantité du produit qui est utilisée chaque année. ○ C_e : Coût unitaire de stockage, c'est-à-dire combien il en coûte pour stocker une unité du produit pendant un an. ○ C_c : coût unitaire de commande, c'est-à-dire combien coûte le fait de passer une commande.

Étape 2	• Mettre ces variables dans la formule de la *QEC* : ○ $QEC = \sqrt{\frac{2 \times DT \times C_c}{C_e}}$
Étape 3	• (Si la situation le demande). Calculer le coût total annuel en utilisant la *QEC* et le comparer au coût total annuel avec la quantité commandée actuellement : ○ $CT = C_{te} + C_{tc}$ Où : *CT* : Coût total annuel C_{te} : Coût annuel de stockage total, soit $C_e \times (QC/2)$ C_{tc} : Coût annuel de commande total, soit $C_c \times (DT/QC)$ Note : ces calculs sont fondés sur l'hypothèse que le coût d'acquisition des marchandises elles-mêmes (leur coût d'achat) ne change pas en fonction de la quantité commandée. Toutefois, il arrive souvent que les fournisseurs offrent des remises sur quantité, c'est-à-dire que le coût unitaire d'achat (C_a) diminue en fonction de la quantité commandée. Si c'est le cas, il faut alors introduire dans l'équation du coût total (*CT*) le coût total d'achat (C_{ta}). Ce calcul n'est pas traité dans le présent manuel.

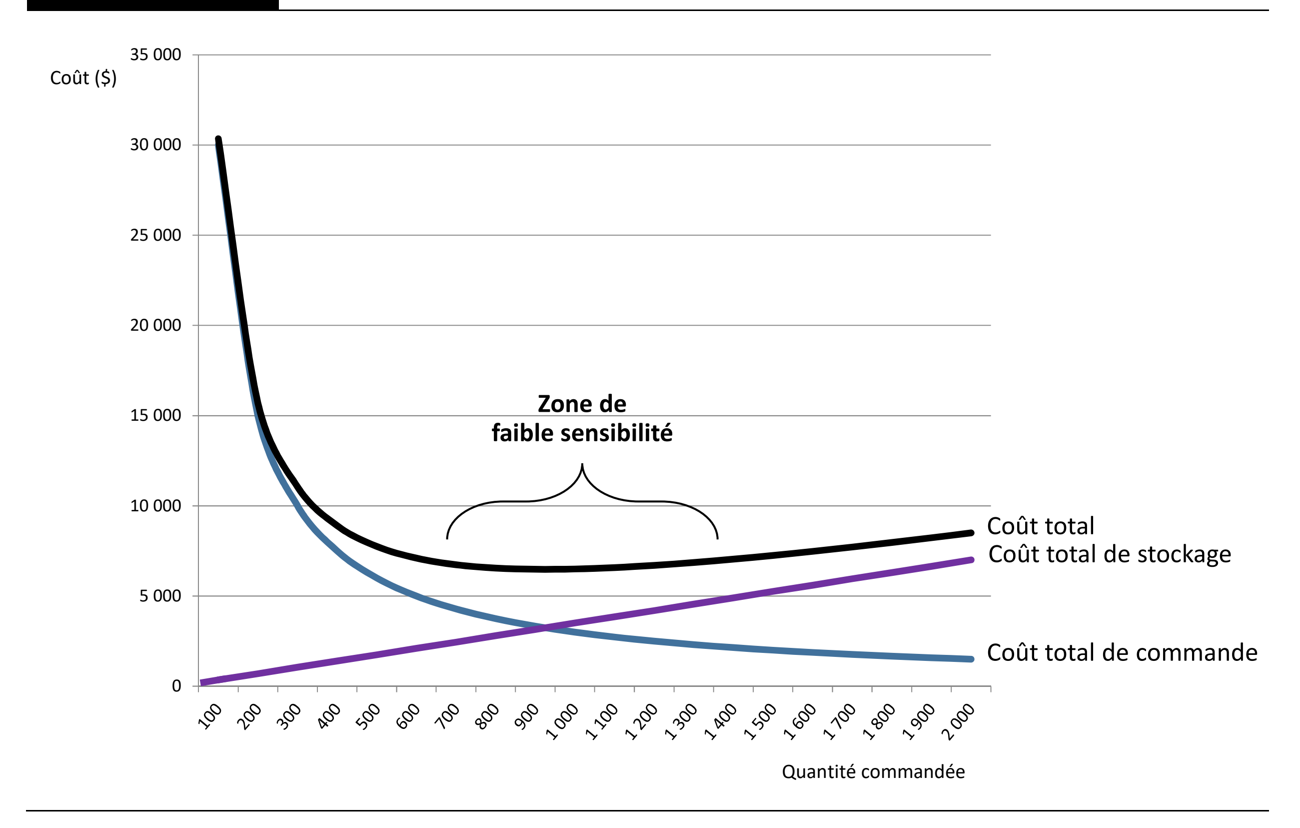
Application aux quantités à fabriquer

Tel qu'indiqué précédemment, dans le cas des produits fabriqués, le coût de mise en route devient l'équivalent du coût unitaire de commande. Il est donc possible d'utiliser la formule de la *QEC* pour calculer la taille optimale des lots à produire (ou *QEP*). Cependant, comme les produits fabriqués sont souvent livrés à l'entrepôt de manière progressive, au fur et à mesure que les produits sont fabriqués, on ne peut pas émettre l'hypothèse que la quantité moyenne en stock soit égale à *QC*/2. D'autres formules de calcul du lot économique peuvent alors être utilisées, mais qui ne seront pas présentées ici.

La *QEC* en pratique

Il arrive souvent que les gestionnaires rejettent du revers de la main le calcul de la *QEC* sous prétexte qu'il est difficile de connaître précisément le coût unitaire de stockage et encore plus difficile de connaître le coût unitaire de commande. Soulignons que la plupart des composantes de ces deux coûts devraient pouvoir être retracées ou estimées à partir des informations comptables dont disposent habituellement les organisations. Mais même si l'on doit se contenter d'approximations, il ne faut pas se priver d'avoir recours au modèle du lot économique. En effet, si l'on considère les courbes de coût qui correspondent à l'exemple de l'achat du papier, la figure 3.3 montre qu'il y a autour de la *QEC* une assez large zone où le coût total est peu affecté par la quantité à commander (zone de faible sensibilité).

Figure 3.3 **La sensibilité du modèle de la *QEC***



Par exemple, s'il s'avérait que dans le cas des caisses de papier mentionnées précédemment, le coût de commande réel soit de 150 $ plutôt que de 100 $ (donc, une erreur de 50 %), l'impact sur la *QEC* (qui serait alors 1 134 caisses plutôt que 926) engendrerait une erreur de 2,5 % sur le coût total annuel[9]. De plus, comme l'illustre le graphique, se situer au-dessus de la *QEC* aura moins d'impact sur le coût total que de se situer au-dessous (puisque la courbe du coût total de commande diminue de manière exponentielle alors que la courbe du coût total de stockage augmente de façon linéaire).

Le modèle du lot économique est donc assez robuste. Du reste, l'objectif du calcul de la *QEC* n'est pas tant de calculer précisément la quantité à commander que d'éviter de commander des quantités qui nous placent aux deux extrêmes de la courbe de coût total. C'est pourquoi, dans notre exemple où l'on arrive à une *QEC* de 926 caisses, il est probable que l'acheteur commanderait plutôt 1 000 caisses à la fois pour simplifier les choses, et ce, sans que cela change beaucoup le coût total. Pour les mêmes raisons, on ne devrait pas hésiter à utiliser la formule de la *QEC* pour calculer la taille des lots à fabriquer. Que ce soit pour calculer les quantités à commander ou la taille des lots à fabriquer, le calcul peut facilement être automatisé en utilisant Excel ou un autre chiffrier électronique.

[9] Si chaque commande est de 926 unités (la *QEC* calculée avec le coût de commande de 100 $) et que le coût de commande réel est de 150 $, le coût total annuel sera de 8 100,60 $, soit [(926/2) × 7] + [(30 000/926) × 150]. Si chaque commande est de 1 134 unités (la *QEC* recalculée) et que le coût de commande est de 150 $, le coût total annuel sera de 7 937 $, soit [(1 134/2) × 7] + [(30 000/1 134) × 150]. L'écart entre les deux est de 2,5 % (soit [8 100 − 7 937]/7 937).

Par ailleurs, le calcul de la *QEC* n'est qu'un des éléments à considérer lorsqu'on doit décider des quantités à commander. D'autres éléments moins quantifiables, mais tout aussi importants, doivent aussi être considérés. Par exemple, au-delà des coûts de stockage et de commande, il faut se demander si l'on dispose de l'espace de stockage nécessaire ou si les liquidités de l'entreprise sont suffisantes pour financer ces stocks. De plus, s'il s'agit d'un produit périssable, il faut se demander combien de temps il faudra pour consommer toute la quantité commandée et si l'on respectera alors les dates de péremption, ou encore s'il est possible qu'on n'ait plus besoin de ce produit. La formule de calcul se fonde aussi sur l'hypothèse que la consommation du produit est relativement constante. Si ce n'est pas le cas, il est possible que d'autres modèles de détermination des quantités à commander soient plus appropriés, comme on le verra au chapitre 5.

3.6 Le réapprovisionnement des stocks

Le calcul de la quantité économique à commander nous permet de répondre à la question « combien commander? », mais il ne nous permet pas de savoir à quel moment il faut passer une nouvelle commande, c'est-à-dire de répondre à la question : « Quand commander? ». Le réapprovisionnement des stocks peut être déclenché de deux manières distinctes : on peut le faire à *période variable* ou à *période fixe*.

Le réapprovisionnement à période variable

Le principe de cette méthode consiste à fixer un niveau de stock qui serve de signal qu'il est temps de passer une nouvelle commande. Ce niveau de stock se nomme **point de réapprovisionnement**, ou **point de commande**. Avant de voir comment le calculer, définissons d'abord quelques termes :

- **Point de commande (*PC*) :** niveau de stock qui détermine qu'il est temps de passer une commande, si l'on veut que cette dernière arrive juste au moment où les stocks actuels seront épuisés. Le point de commande tient donc compte du taux de consommation des produits et des délais d'approvisionnement;

- **Taux de consommation moyen (μ) :** taux auquel les produits sont utilisés. Dans l'exemple des caisses de papier utilisé précédemment, si l'entreprise utilise 30 000 caisses de papier par année et fonctionne 260 jours ouvrables par an, on peut dire qu'elle en consomme en moyenne 115 caisses par jour (ou 577 caisses par semaine);

- **Délai d'approvisionnement (*d*) :** délai entre le moment où la commande est effectuée et le moment où elle arrive à l'entrepôt.

Considérons l'exemple de l'entreprise et de ses caisses de papier. Supposons que l'on commande une quantité de 1 000 caisses à la fois, que le taux de consommation moyen soit de 115 caisses par jour et que le délai d'approvisionnement soit de trois jours ouvrables. Si l'on veut recevoir un nouveau lot de papier juste au moment où les stocks du lot précédent seront épuisés, alors il faut passer une commande lorsqu'il reste tout juste assez de stock pour satisfaire aux besoins correspondant au délai d'approvisionnement, soit 3 jours × 115 caisses par jour, ou 345 caisses.

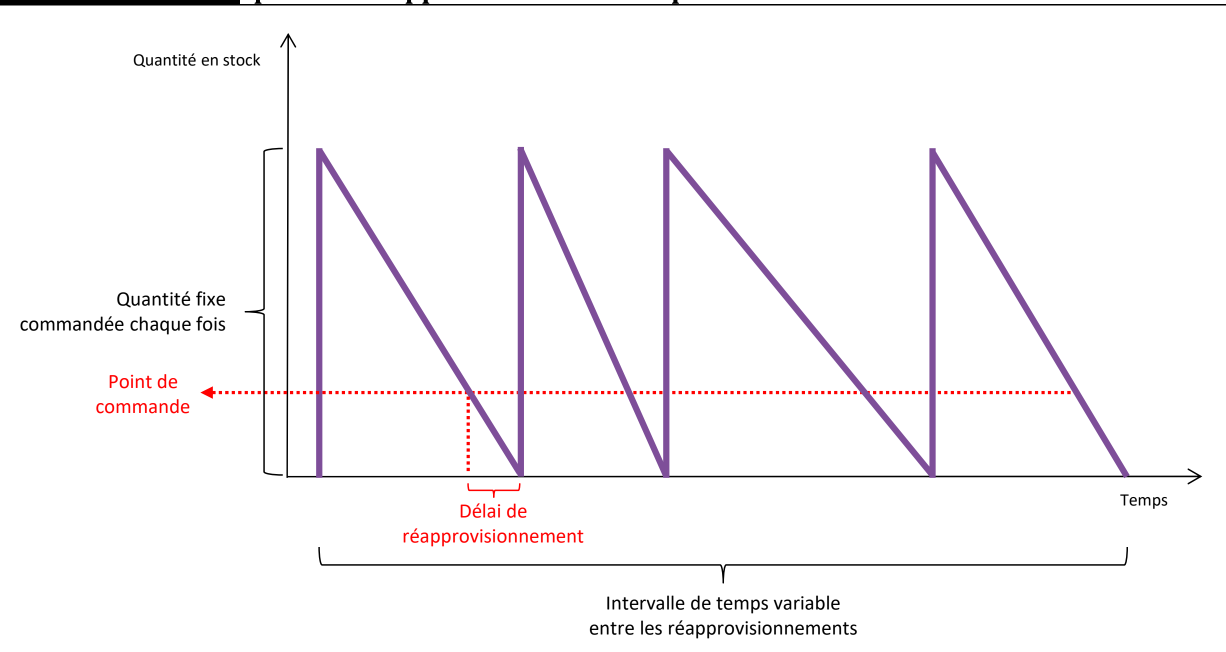
Donc :

Point de commande (*PC*)

Point de commande (*PC*) = Taux de consommation moyen (μ) × Délai (d)

L'utilisation du point de commande comme signal qu'il est temps de se réapprovisionner permet à l'entreprise de pallier en partie les fluctuations dans la consommation. En effet, même si le calcul de la *QEC* se fondait sur l'hypothèse d'une utilisation constante, la consommation réelle des produits varie toujours un peu d'une journée à l'autre. Mais si le taux de consommation est plus élevé que la moyenne, on atteindra plus rapidement le point de commande et l'on se réapprovisionnera à temps. De même, si le taux de consommation est plus faible qu'à l'habitude, il faudra plus de temps pour atteindre le point de commande et l'on évitera de se réapprovisionner trop tôt. En conséquence, la période de réapprovisionnement devient donc variable parce qu'elle s'ajuste au taux réel de consommation. On peut représenter la situation en se référant au graphique de mouvement des stocks de la figure 3.4 (la ligne pourpre représente les quantités en stock).

Figure 3.4 **Graphique de mouvement des stocks pour un réapprovisionnement à période variable**



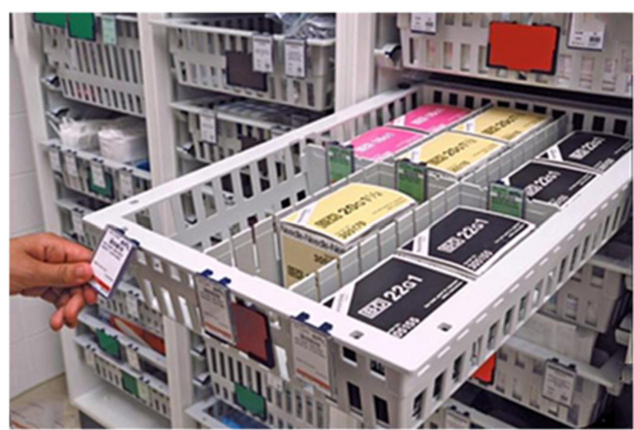
Mais comment savoir qu'on a atteint le point de commande? Si l'on possède une base de données des stocks qui permet d'avoir un inventaire permanent (en temps réel), il suffit de programmer la plateforme informatique pour qu'elle déclenche une alerte au moment où le point de commande est atteint. Dans bien des cas toutefois, il est plus pratique d'utiliser la méthode dite à *double casier*. Cette méthode consiste simplement à séparer physiquement le lot en deux au moment de la réception. Par exemple, dans le cas du papier, on séparerait les 1 000 caisses en deux piles distinctes : une pile de 345

caisses (soit la quantité correspondant au point de commande) et une autre de 655 caisses (soit 1 000 – 345). Il suffit ensuite d'utiliser en premier les caisses de la pile de 655 et, lorsque cette dernière est épuisée, on sait automatiquement qu'il est temps de passer une autre commande.

Par exemple, pour gérer les nombreux stocks de fournitures dans les hôpitaux québécois, on a de plus en plus recours à la méthode à double casier, comme l'illustrent les images de la figure 3.5. La photo du haut montre un distributeur de tampons nettoyants sur lequel le point de réapprovisionnement est indiqué visuellement à l'aide d'une ligne jaune; lorsque la pile de tampons atteint cette ligne, c'est qu'il est temps d'en commander de nouveau. Sur la photo du bas, le tiroir contenant les fournitures est divisé en sections distinctes : lorsque la section du devant est vide, on retire l'étiquette identifiant le produit puis on la dépose sur un tableau fixé au mur adjacent, ce qui indique qu'il faut réapprovisionner ce produit. Un magasinier fera régulièrement une tournée des unités de soin, prendra note des produits à réapprovisionner (le plus souvent en lisant le code-barre inscrit sur l'étiquette), et verra à ce que le magasin central de l'hôpital fasse le réapprovisionnement. En attendant cette livraison, les infirmières et les préposés utilisent les unités de la section arrière. Il est possible d'automatiser davantage le processus en utilisant des étiquettes munies d'une puce RFID. Dans ce cas, une antenne située derrière le tableau lit automatiquement les étiquettes (puces) qui y sont fixées, transmet immédiatement l'information au magasin et déclenche le processus de réapprovisionnement selon les règles établies.

Figure 3.5 **Deux exemples de système à double casier**





Le réapprovisionnement à période fixe

Plutôt que de calculer un point de réapprovisionnement, on peut procéder à des réapprovisionnements à période fixe, c'est-à-dire passer les commandes à des moments prédéterminés. Cette méthode est très utilisée dans la vie courante : bien des familles québécoises ont l'habitude de faire le marché un jour précis de la semaine. Ce type de réapprovisionnement est souvent choisi lorsqu'on commande une grande variété de produits chez un même fournisseur. En regroupant tous les achats à faire chez ce fournisseur sur un même bon de commande, on réduit les coûts administratifs. Comme dans la vie courante, le réapprovisionnement à période fixe instaure aussi une discipline d'achat facile à gérer.

Dans l'exemple des caisses de papier vu précédemment, on pourrait décider de calculer une période fixe de réapprovisionnement qui soit cohérente avec le calcul de la *QEC*. Puisque l'entreprise utilise 30 000 caisses de papier par année, et en faisant l'hypothèse que cette consommation est à peu près constante et que l'entreprise fonctionne 260 jours ouvrables par an, alors le papier y est consommé au taux (μ) de 115 caisses par jour (soit 30 000 ÷ 260). Donc, la *QEC* de 926 caisses correspond à environ huit jours d'utilisation (soit 926 ÷ 115). Autrement dit, si l'on commande 926 caisses à tous les huit jours ouvrables, on satisfera aux besoins. L'intervalle optimal entre deux commandes (i_{opt}) découle donc directement du calcul de la quantité à commander, en divisant simplement la *QEC* par le taux de consommation moyen, ce qui est exprimé par la formule suivante :

Intervalle optimal (i_{opt})

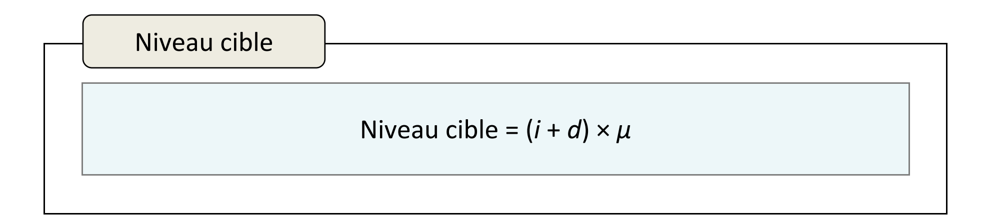
$$i_{opt} = QEC / \mu$$

Dans ce cas-ci, puisque la période fixe de réapprovisionnement a été établie à partir de la quantité économique à commander, on l'appelle la « période économique ». Soulignons qu'on pourrait profiter de la faible sensibilité du modèle du lot économique pour faciliter encore les choses en passant une commande de papier tous les dix jours ouvrables (au lieu de huit), par exemple « un lundi sur deux ».

Dans la méthode de réapprovisionnement à période variable, on palliait les fluctuations dans la consommation réelle en atteignant plus ou moins rapidement le point de commande. Dans le réapprovisionnement à période fixe, on va plutôt réajuster la quantité à commander pour tenir compte de la consommation réelle du produit depuis la dernière commande. On va donc déterminer un **niveau cible**, qui correspond à un niveau de stock suffisamment élevé pour répondre à la demande d'ici la prochaine réception.

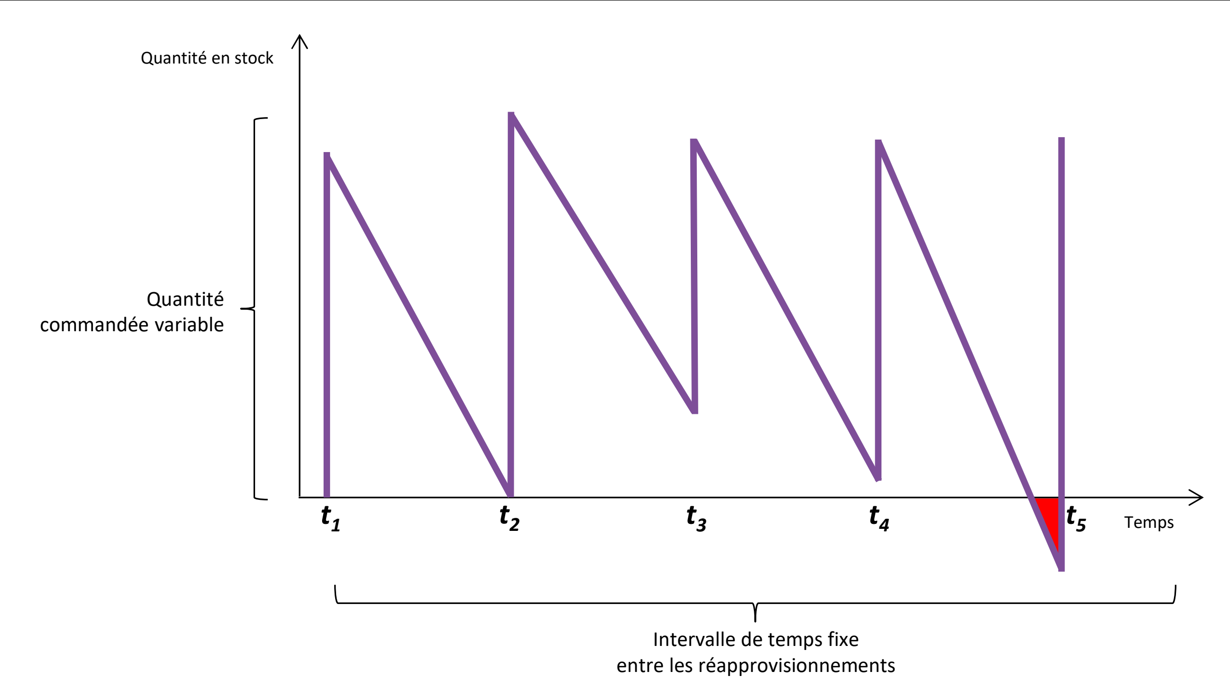
Supposons par exemple que nous soyons lundi, qu'il reste présentement 511 caisses de papier en stock, que nous sachions que la prochaine commande n'aura lieu que dans deux semaines (i = 10 jours ouvrables), et que le délai de réapprovisionnement (d) soit de trois jours. La prochaine réception de papier aura donc lieu dans ($i + d$) jours; d'ici là, il faut avoir en stock suffisamment d'unités pour ($i + d$) = 10 + 3 = 13 jours de consommation. Puisque le taux de consommation moyen est de 115 caisses par jour, on a donc

besoin de 1 495 caisses de papier (soit 13 × 115). Cette valeur de 1 495 caisses est le niveau cible. On trouve le niveau cible par la formule suivante :



Comme il y a présentement 511 caisses en stock, la quantité à commander pour atteindre le niveau cible devrait donc être de 1 495 – 511 = 984 caisses. Cette quantité sera différente d'une commande à l'autre en fonction de ce qu'il reste en stock au moment de passer la commande. Autrement dit, alors que dans le réapprovisionnement à période variable on commandait une quantité fixe (la *QEC*), dans la méthode de réapprovisionnement à période fixe, on commande une quantité variable en fonction de l'utilisation réelle du produit depuis la dernière commande. La figure 3.6 illustre le mouvement des stocks lorsqu'on adopte cette méthode.

Figure 3.6 Graphique de mouvement des stocks pour un réapprovisionnement à période fixe



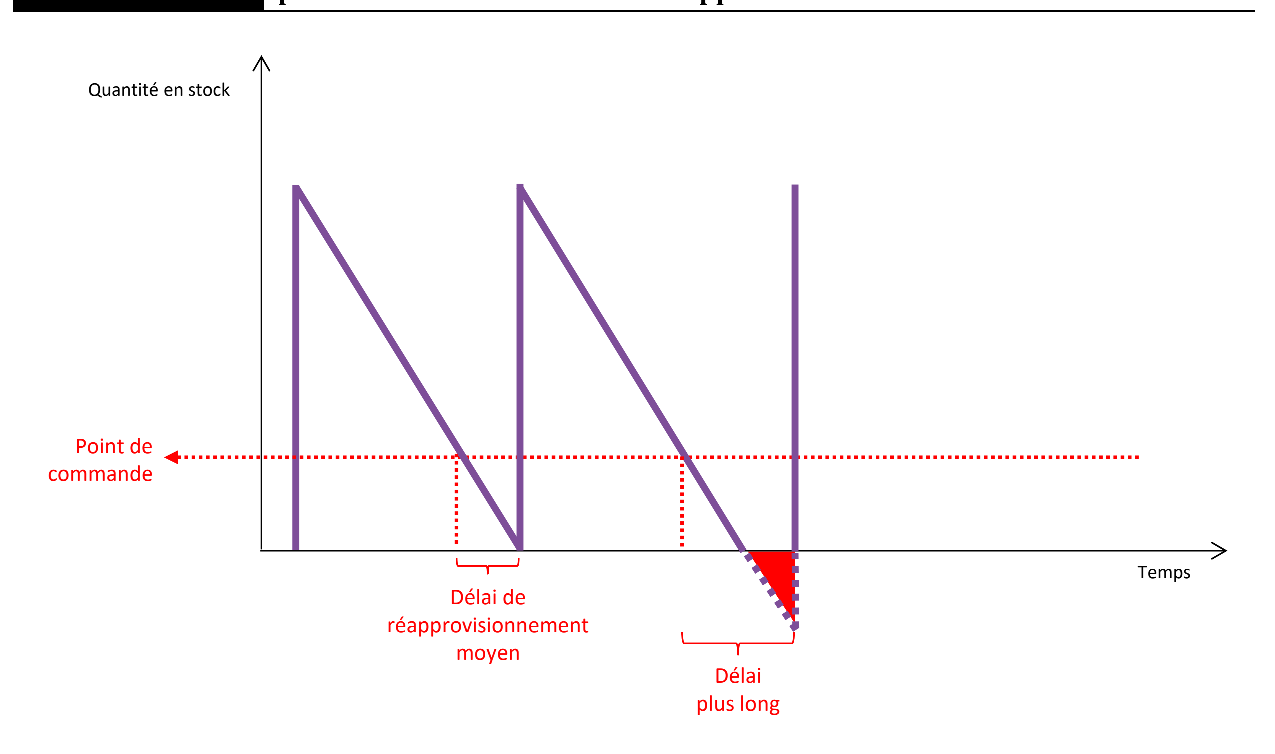
L'exemple donné à la figure 3.6 montre qu'un taux de consommation plus élevé que la moyenne entraîne une pénurie au temps t_5 : au moment où la nouvelle commande arrive, il n'y a plus de produit en stock depuis déjà quelques jours. Une telle rupture de stock est également possible avec la méthode de réapprovisionnement à période variable. Pour contrer ce problème, il faut prévoir des stocks de sécurité.

3.7 Les stocks de sécurité

Comme on l'a vu, les deux méthodes de réapprovisionnement précédentes tentent de tenir compte de l'impact de variations dans le taux de consommation des produits stockés. Toutefois, elles n'y parviennent pas entièrement. Dans le cas du réapprovisionnement à période variable, le point de commande sera plus rapidement atteint si la consommation est plus élevée qu'à l'habitude. Mais le point de commande (*PC*) est calculé en multipliant le taux de consommation moyen (μ) par le délai de réapprovisionnement (d); si la consommation réelle pendant le délai de réapprovisionnement est plus grande que μ, on manquera de stock avant que la prochaine commande arrive. Dans le cas du réapprovisionnement à période fixe, on modifie la quantité à commander en fonction de la consommation de la période précédente, mais on ne sait pas quelle sera la consommation de la prochaine période. Si elle est plus élevée qu'à l'habitude (ce qui est le cas entre les temps t_4 et t_5 de la figure 3.6), on sera en rupture de stock.

Par ailleurs, il faut aussi tenir compte de variations possibles du délai de réapprovisionnement. Dans l'exemple des caisses de papier, on a assigné un délai de trois jours, mais en réalité toutes sortes de contretemps peuvent survenir et retarder la livraison (mauvais temps, grève des transporteurs, problèmes de fabrication, fournisseur peu fiable, etc.). Dans ce cas, s'il n'y a pas de stock de sécurité, on sera en rupture de stock jusqu'à la prochaine réception de marchandises, comme l'illustre la figure 3.7.

Figure 3.7 **Ruptures de stock occasionnées par les variations du délai de réapprovisionnement**

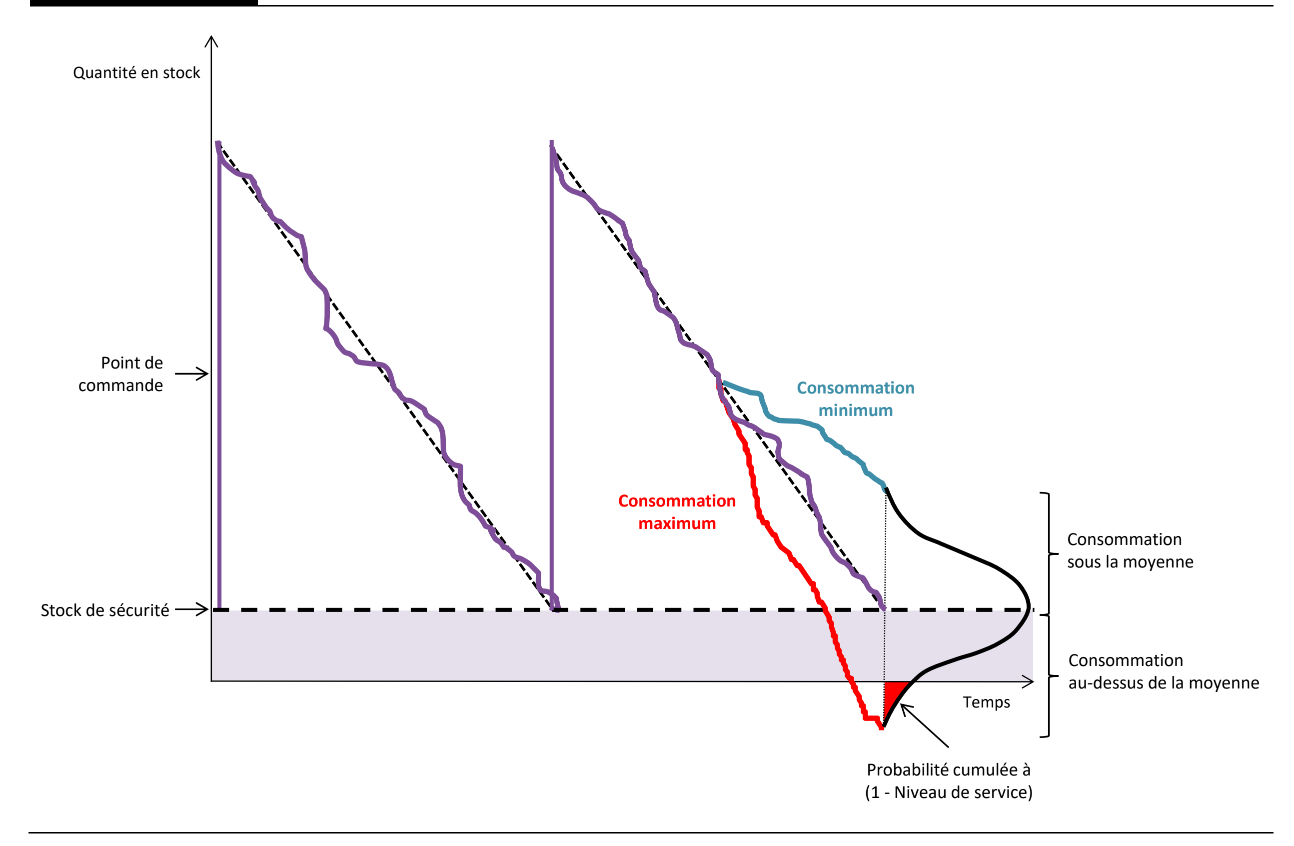


Le stock de sécurité est donc une quantité supplémentaire de produits que l'on conserve pour pallier les variations du taux de consommation et du délai de réapprovisionnement. On sait cependant que les coûts de stockage peuvent être élevés et dans le cas du stock de sécurité, c'est un coût supplémentaire encouru « au cas où ». D'un autre côté, il faut considérer l'effet que pourrait avoir une rupture de stock. Cela renvoie donc à l'arbitrage possession-pénurie dont il a été question à la section 3.4 ainsi qu'à la détermination du niveau de service approprié en fonction des coûts de possession (le coût de stockage) et des coûts de pénurie (interne ou externe).

Le calcul du stock de sécurité pour le réapprovisionnement à période variable (point de commande)

Pour bien calculer le stock de sécurité requis (*Ss*), il faut connaître le niveau de service souhaité, mais aussi bien connaître le degré de variabilité du taux de consommation (μ). Pour ce faire, on analysera l'historique du taux de consommation des mois ou des années précédents et l'on calculera sa moyenne et son écart-type. Si le taux de consommation suit une distribution normale, on pourra utiliser une table de loi normale pour calculer la quantité à garder en stock de sécurité de façon à pouvoir faire face à pratiquement toute la variabilité de la consommation, tout en conservant un certain risque de rupture de stock, qui correspondra au niveau de service désiré. La figure 3.8 illustre cette situation.

Figure 3.8 **Stock de sécurité et variabilité du taux de consommation dans le cas du réapprovisionnement à période variable (méthode du point de commande)**



Revenons à l'exemple des caisses de papier. L'analyse de la consommation des dernières années montre que le taux de consommation moyen (μ) est bien de 115 caisses par jour, mais avec un écart-type (σ) de 12. L'écart-type pendant le délai de réapprovisionnement (d) est calculé par la formule $\sigma \times \sqrt{d}$. Dans le cas présent, il est de :

$$(12 \times \sqrt{3}) = 20{,}8$$

Si le taux de consommation suit une distribution normale, on peut calculer le stock de sécurité qui permet d'atteindre le niveau de service souhaité (c'est-à-dire le stock de sécurité qui permet d'avoir un risque de pénurie égal à la petite zone rouge au bas du graphique de la figure 3.8) en utilisant la formule suivante :

Stock de sécurité (*Ss*) – Période variable

$$Ss = Z \times (\sigma \times \sqrt{d}\,)$$

Ici, Z est un coefficient tiré de la table de loi normale qui permet de calculer l'aire sous la courbe normale correspondant au niveau de service désiré (voir l'annexe 1 à la fin de ce volume). Par exemple, si l'entreprise souhaite avoir un niveau de service de 95 % sur les caisses de papier (c'est-à-dire être capable de répondre à toute la demande de papier 95 % du temps), on trouve dans la table de loi normale que Z = 1,64 (pour un niveau de service de 98 %, Z serait de 2,05). Donc, le stock de sécurité qui permet un niveau de service de 95 % est calculé comme suit :

$$Ss = 1{,}64 \times (12 \times \sqrt{3}) = 34 \text{ caisses de papier}$$

Soulignons que le point de commande (*PC*) sera maintenant modifié pour tenir compte de la présence d'un stock de sécurité. Plutôt que de passer une nouvelle commande de papier lorsqu'il reste 345 caisses en stock, on passera une nouvelle commande au moment où il reste 379 caisses en stock (soit 345 + 34). Donc, si l'entreprise commande du papier au moment où il ne lui reste en stock que 379 caisses, la prochaine livraison devrait arriver environ au moment où il ne restera que 34 caisses en stock. Cependant, si pendant le délai de livraison de trois jours on devait consommer plus de papier que d'habitude, le stock de sécurité permettrait de satisfaire à tous les besoins dans 95 % des cycles de réapprovisionnement. Il resterait un risque de 5 % d'être en pénurie de papier (100 % – 95 %). Si l'on voulait réduire ce risque à 2 % (c'est-à-dire avoir un niveau de service de 98 %), il faudrait avoir un stock de sécurité de 43 caisses de papier. L'arbitrage possession-pénurie se manifeste très concrètement ici : pour réduire le risque de pénurie de 5 % à 2 %, il faut conserver neuf caisses de papier de plus dans le stock de sécurité et payer les coûts de stockage correspondants.

En résumé :

Point de commande (PC) avec stock de sécurité

$$PC = (\mu \times d) + Ss$$

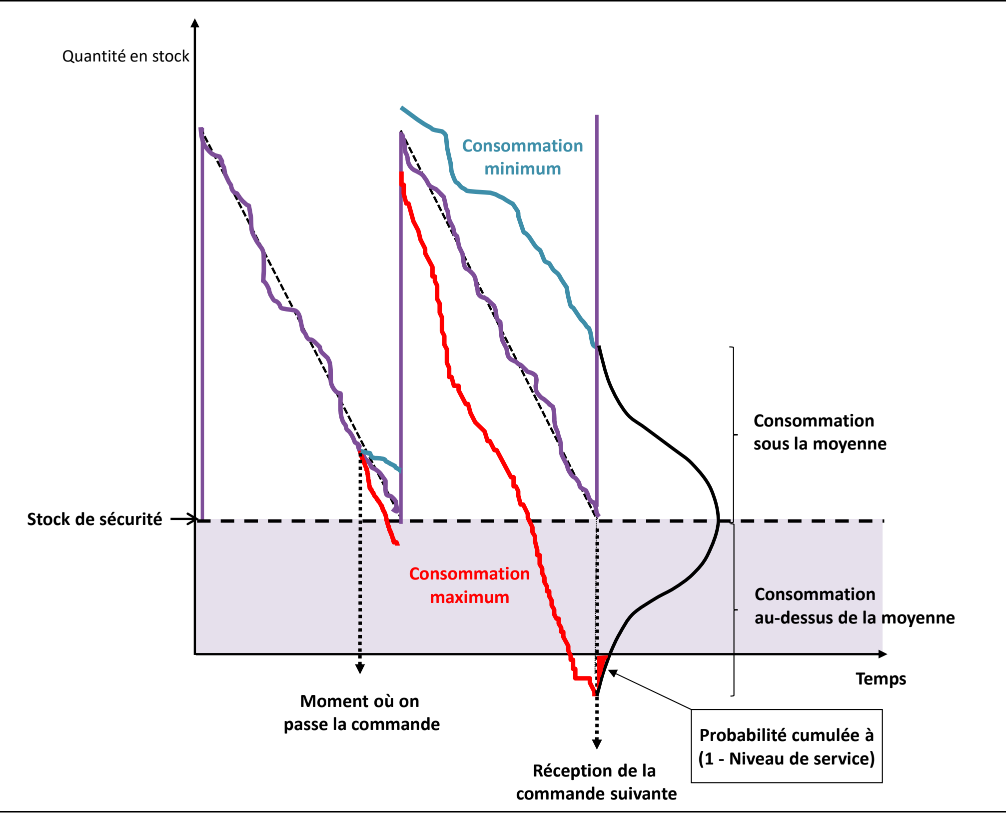
Où :

$Ss = Z \times (\sigma \times \sqrt{d})$
PC = point de commande
μ = taux de consommation moyen
σ = écart-type du taux de consommation
d = délai d'approvisionnement
Ss = stock de sécurité
Z = coefficient de la table de distribution normale correspondant au niveau de service désiré

Le calcul du stock de sécurité pour le réapprovisionnement à période fixe

Alors que dans la méthode du point de commande, le stock de sécurité sert à pallier la fluctuation de la demande pendant le délai d'approvisionnement, dans le cas du réapprovisionnement à période fixe, le stock de sécurité doit pallier la fluctuation de la demande pendant toute la durée du cycle de réapprovisionnement (voir la figure 3.9).

Figure 3.9 Stock de sécurité et variabilité du taux de consommation dans le cas du réapprovisionnement à période fixe



La formule de calcul du stock de sécurité devient alors :

Stock de sécurité (*Ss*) – Période fixe

$$Ss = Z \times (\sigma \times \sqrt{i + d})$$

Où :
μ = taux de consommation moyen
σ = écart-type du taux de consommation
d = délai d'approvisionnement
i = intervalle entre deux réapprovisionnements
Z = coefficient de la table de distribution normale correspondant au niveau de service désiré

Dans l'exemple des caisses de papier, où d = 3 jours, i = 10 jours et σ = 12, et pour un niveau de service de 95 %, le stock de sécurité sera de :

$$Ss = 1{,}64 \times (12 \times \sqrt{10 + 3})$$
$$= 71 \text{ caisses de papier}$$

On remarque que cette quantité est bien plus élevée que celle calculée pour la méthode du point de commande (on avait alors un stock de sécurité de 34 caisses). C'est là la conséquence de devoir pallier la variabilité de la consommation pendant tout le cycle de réapprovisionnement, et non seulement pendant le délai de réapprovisionnement. Le niveau cible doit maintenant inclure le stock de sécurité, et la formule de la quantité à commander (QC) devient:

$$QC = [(i + d) \times \mu + \text{Stock de sécurité}] - \text{Stock actuel}$$

Dans l'exemple des caisses de papier, si nous sommes lundi, qu'il reste présentement 511 caisses de papier en stock et que le niveau cible est de 1 495 caisses de papier, la quantité à commander sera de (1 495 + 71) – 511 = 1 055 caisses. Cette quantité devrait être suffisante pour répondre à la demande d'ici la prochaine réception, tout en conservant un risque de pénurie de 5 % (puisqu'on a choisi un niveau de service de 95 %). Lors de la prochaine commande, on n'aura qu'à vérifier la quantité restant en stock pour trouver la quantité à commander.

Résumons les conséquences du choix de différentes politiques de réapprovisionnement dans le cas de l'entreprise qui achète des caisses de papier :

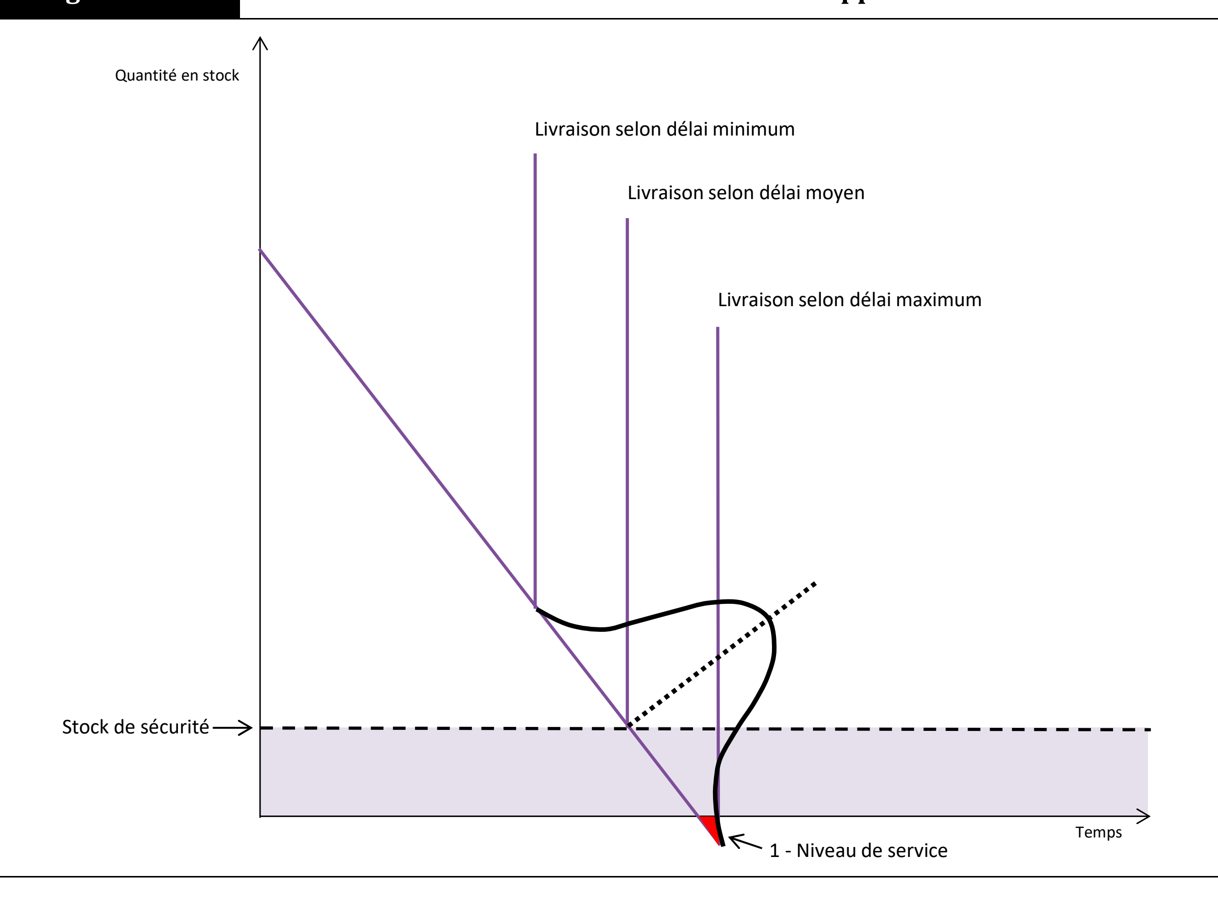
Données de départ :
D = 30 000 caisses par année, μ = 115 caisses par jour ouvrable, σ = 12

Méthodes	Stock de sécurité requis pour chaque niveau de service	
	95 %	98 %
Méthode du point de commande, fixé à 1 000 caisses (soit environ 30 commandes par année)	34 caisses	43 caisses
Méthode du réapprovisionnement à période fixe, fixé à intervalle de dix jours ouvrables (soit environ 26 commandes par année)	71 caisses	89 caisses

La variabilité du délai de réapprovisionnement

Les calculs de la section précédente ne considèrent que la variabilité du taux de consommation. Il est aussi possible de tenir compte de la variabilité du délai de livraison, illustrée à la figure 3.10. La prise en compte conjointe des deux types de variabilité entraîne toutefois des calculs plus complexes, dont nous ne traiterons pas dans cet ouvrage.

Figure 3.10 **Stock de sécurité et variabilité du délai de réapprovisionnement**



3.8 Synthèse du chapitre

Qu'il s'agisse de matières premières, de produits finis ou de fournitures diverses, les stocks sont présents dans la très grande majorité des organisations. Dans le cas des entreprises industrielles, où l'achat des matières peut facilement représenter plus de 50 % du chiffre d'affaires annuel de l'organisation, une saine gestion des stocks est essentielle au bon fonctionnement des opérations et à la profitabilité. C'est également le cas dans les entreprises de distribution ou de vente au détail, pour lesquelles la majorité des coûts provient généralement du stockage, et pour lesquelles l'arbitrage possession-pénurie est la clé de voûte de la profitabilité. Même dans les entreprises de services, l'application des modèles et méthodes de gestion des stocks peut réduire les coûts et améliorer le niveau de service. C'est pourquoi la majorité des entreprises industrielles, et de plus en plus d'entreprises de services, embauchent des analystes et des décideurs spécialisés dans ce domaine, généralement des diplômés en gestion des opérations et de la logistique.

On dit parfois des stocks qu'ils sont « un mal nécessaire » : ils n'ajoutent pas de valeur, mais ils permettent une disponibilité immédiate des produits. Il peut être difficile, voire impossible, de les éliminer complètement, mais on peut certainement chercher à les réduire en agissant directement sur les raisons qui motivent leur détention. Selon certains, des stocks élevés cachent souvent des problèmes sous-jacents qu'on devrait chercher à identifier et à corriger. Par exemple :

1) Les stocks de sécurité servent à remédier aux variations du taux de consommation des produits et des délais de réapprovisionnement. Si les prévisions sont plus exactes et si l'on parvient à régulariser la production et à mieux la planifier, on pourra diminuer ces stocks. Choisir des fournisseurs situés à proximité de l'organisation diminue les risques de retard de livraison, et donc le besoin en stocks de sécurité; on pourrait également réduire ainsi les stocks en transit. Enfin, le respect des dates de livraison promises devrait faire partie des critères d'évaluation et de sélection des fournisseurs;

2) Diminuer la taille des lots fabriqués ou achetés permet d'abaisser le niveau des stocks cycliques. Mais pour pouvoir diminuer la taille des lots tout en respectant les principes du lot économique, il faut d'abord diminuer les coûts liés à la passation des commandes (par exemple en informatisant les procédures de traitement des commandes et les échanges avec les fournisseurs) et les coûts liés aux mises en route (on verra au chapitre 9 comment la méthode SMED permet de réduire ces coûts);

3) On peut réduire les stocks tampons en assurant un meilleur équilibre entre la capacité des différentes étapes de fabrication (ce qu'on verra aussi au chapitre 9), de même qu'en cherchant à éliminer les pannes et les arrêts de production grâce à la mise en place de systèmes d'entretien préventif;

4) Certaines entreprises augmentent les stocks pour pallier des problèmes de qualité des matières premières et des pièces en provenance des fournisseurs; une meilleure sélection des fournisseurs et un contrôle plus serré de la qualité pourraient éliminer ce problème. À l'intérieur même de l'entreprise, des stocks élevés de produits en cours servent souvent à camoufler des problèmes de qualité en permettant aux employés de mettre de côté les unités défectueuses et de continuer à travailler sans interruption;

5) On peut aussi réduire les stocks en diminuant le nombre de produits différents à stocker. Comme on le verra au chapitre 7, plusieurs organisations industrielles et de services font des efforts de standardisation des pièces et des fournitures pour réduire le niveau de stock sans affecter le niveau de service.

Il a même été suggéré que les stocks agissent comme le niveau d'eau d'une rivière : s'il est élevé, il permet aux navires d'éviter les écueils que constituent les problèmes de qualité, les retards, les pannes ou la mauvaise planification, mais il empêche aussi de voir ces lacunes et de s'y attaquer plutôt que de simplement les dissimuler. À moyen terme, il serait bien plus avantageux pour les organisations de travailler à éliminer les écueils, ce qui permettrait ensuite de baisser le niveau d'eau (les stocks) sans risquer de s'échouer. Ces efforts auront davantage de chances de succès s'ils sont orchestrés par des spécialistes capables de bien évaluer les coûts et les risques liés aux stocks.

Questions de révision

Vrai ou faux?

1.	*Inventaire* est le bon terme français pour désigner les stocks.	
2.	Plus le niveau de service visé est élevé, plus la quantité à conserver en stock de sécurité est grande.	
3.	Les stocks tampons sont ceux qui sont en transport entre différents intervenants de la chaîne logistique.	
4.	Compte tenu de la formule de calcul de la Quantité économique à commander (*QEC*), une augmentation du coût unitaire de passation d'une commande devrait se traduire par une augmentation de la *QEC*.	
5.	L'arbitrage possession-pénurie est celui qui conduit à décider de la taille du lot économique.	
6.	La méthode à double casier est une application directe de la loi de Pareto.	
7.	Pour un même niveau de service, le stock de sécurité sera plus élevé si l'on a recours au réapprovisionnement par point de commande que si l'on a recours au réapprovisionnement à période fixe.	
8.	L'une des premières choses que devrait faire un analyste auquel on demande d'établir de nouvelles pratiques de gestion des stocks est une analyse ABC.	
9.	Si le taux de consommation des produits était constant et qu'il n'y avait jamais de retard de livraison, on n'aurait pas besoin de stocks de sécurité.	
10.	Les entreprises de distribution possèdent essentiellement des stocks de matières premières.	

Questions de discussion

1. L'établissement du niveau des stocks est souvent une source de conflit importante dans les organisations : les responsables des ventes veulent augmenter le stock de produits finis, les gestionnaires des opérations veulent augmenter les stocks de matières premières, et les responsables de la finance veulent diminuer tous les types de stocks. Qu'est-ce qui explique ces points de vue opposés et comment peut-on les concilier?

2. Une entreprise qui a recours à la méthode de réapprovisionnement à période fixe risque-t-elle davantage d'être en pénurie qu'une entreprise qui a recours au point de commande? Discutez.

3. Après avoir présenté la classification ABC, on a vu dans ce chapitre différentes approches de gestion des stocks (calcul du lot économique, méthodes de réapprovisionnement, niveau de service, calcul des stocks de sécurité, etc.). Ces approches devraient-elles être appliquées différemment selon qu'un produit est classé A, B ou C? Discutez.

Cas

Au bout des doigts inc.

Andrea Davis, propriétaire de la ganterie Au bout des doigts inc. depuis cinq ans, commente ainsi les problèmes actuels de son entreprise :

> « Ça n'a pas de bon sens! À chaque fin d'année, on se retrouve avec un stock de produits finis plus élevé que l'année précédente. Pourtant, la liste des commandes en retard ne cesse de s'allonger. On dirait que les clients prennent un malin plaisir à commander les modèles que nous n'avons pas en stock! Et les ventes qui ne cessent de baisser! Nous avons pourtant les meilleurs gants sur le marché... »

Le responsable des stocks, Marc-Olivier Legentil, ne sait pas lui non plus où donner de la tête entre le contrôleur qui lui demande de diminuer les stocks, le directeur des ventes qui lui demande de les augmenter, et les contremaîtres qui se plaignent de ne jamais avoir la bonne couleur de fil ou de doublure. Et ces cuirs qui doivent être importés d'Italie, avec des délais de livraison de 12 à 16 semaines!

L'entreprise

Au bout des doigts inc. est reconnue depuis plus de 40 ans pour la qualité de ses gants, qui sont vendus dans les chaînes de grands magasins et les boutiques de vêtements. Plus de 60 % de la production (qui représente un total de 100 000 paires par an) est fabriquée sur commande, selon les spécifications du client, chaque distributeur désirant avoir quelques modèles qui lui soient exclusifs. La ganterie offre cependant une vingtaine de modèles standards qui sont constamment gardés en stock, pour répondre rapidement à la demande. C'est le préposé à l'entrepôt qui avertit M. Legentil de la baisse du niveau de stock de produits finis. Mais quand les matières premières manquent ou que la production est débordée, les nouveaux lots arrivent bien après l'épuisement des précédents, et les commandes en retard s'accumulent. Il arrive même que les lots soient expédiés aux clients en attente dès leur production, si bien que l'on demeure en pénurie jusqu'à l'arrivée du lot suivant! M. Legentil hésite cependant à commander de plus grandes quantités à la fois : l'entrepôt est déjà plein de gants qui accumulent la poussière.

La gestion des stocks de matières premières est encore plus complexe : la ganterie utilise plus de 30 types et couleurs de cuir, sans compter les doublures (synthétiques, cachemire et fourrure) et les fils de couleurs assorties. On doit aussi garder en stock certaines pièces pour l'équipement. Il faudrait avoir des yeux partout pour être certain de ne manquer de rien tout en évitant le sur-stockage. Mme Davis insiste pour que le cuir et les doublures les plus chères ne soient commandés que lorsqu'on a des commandes fermes; elle veut éviter de stocker des cuirs roses ou verts qui ne seront plus à la mode l'an prochain. Cela pose cependant un problème de taille : les clients demandent généralement une livraison dans les trois mois; or, le délai de livraison du cuir est d'environ 12 à 16 semaines, auquel il faut ajouter le délai de production d'une semaine. Le moindre retard entraîne donc d'importants retards de livraison aux clients, d'autant plus que la commande de cuir ne se fait pas instantanément : on attend que les quantités à commander soient suffisantes pour justifier une commande, car les coûts de commande sont élevés. Le directeur des ventes commente ainsi les nombreux retards de livraison :

> « Nos ventes ne cessent de baisser, et c'est bien normal : les détaillants reçoivent les gants d'hiver à la mi-décembre, et les gants de golf à la fin de juin! Ils se lassent et finissent par s'adresser ailleurs... »

Le stock de chevreau noir

Le cuir de chevreau noir est celui qui est le plus utilisé (180 000 pi^2 par an, soit 40 % des achats de cuir), et ce, toute l'année. Le coût d'achat actuel de ce cuir est de 5,60 $ le pi^2. Le contrôleur estime que le coût de maintien du stock représente 25 % du coût d'achat, et que les frais de bureau par réquisition sont de 35 $. Chaque nouvel arrivage doit être inspecté par le manutentionnaire, ce qui prend toujours environ une heure (le salaire du manutentionnaire est de 15 $ l'heure). Il faut également compter 130 $ par commande pour la manutention par le distributeur et les frais de courtage et de douanes.

Compte tenu des frais de courtage élevés, on commande le chevreau noir environ une fois par mois. Mais comme le cuir est commandé chez un producteur italien et livré par bateau, les retards sont fréquents. L'année dernière, sous les pressions de la banque qui jugeait trop bas le fonds de roulement de l'entreprise, Mme Davis a exigé qu'on réduise tous les stocks de sécurité de 25 % pour dégager des liquidités. Lorsqu'on manque de chevreau noir, on réorganise le calendrier de production et l'on fabrique les gants de golf blancs, pour lesquels on a un très gros stock de cuir en réserve et qu'on est sûrs d'écouler éventuellement. M. Legentil sait bien que ce n'est pas une solution idéale, mais selon lui « les coûts de production, au moins, ce n'est pas de mon ressort »…

Problèmes résolus

1. La nouille qui rit

Catherine Ramos est acheteuse pour la compagnie La nouille qui rit, qui fabrique des pâtes fraîches vendues en contenants scellés dans les supermarchés. C'est à Catherine que revient la tâche d'acheter les œufs, produit qui représente à lui seul 15 % du coût des matières premières et qui est utilisé de façon constante toute l'année. L'année dernière, l'entreprise a utilisé 150 000 œufs frais, et l'on prévoit pour cette année que les ventes de pâtes aux œufs augmenteront de 15 %. Le prix actuel des œufs destinés à la transformation est de 18,32 $ la grosse (une grosse = douze douzaines = 144 œufs). Catherine commande habituellement les œufs à toutes les semaines (52 fois par année), mais elle se demande si elle ne devrait pas plutôt avoir recours à la méthode de la quantité économique à commander. Elle a établi que les coûts de commande s'élèvent à 45 $ par commande. Étant donné la nécessité de conserver les œufs dans un entrepôt réfrigéré, et vu les risques qui découlent de la manipulation du produit, le coût unitaire de stockage représente 50 % de la valeur des articles en stock.

1.1 Quelle serait la quantité économique à commander (en grosses) et quelles seraient les économies réalisées annuellement si l'on adoptait cette politique?

1.2 De quels autres éléments Catherine Ramos doit-elle tenir compte avant de prendre une décision?

2. L'entreprise Buro inc.

L'entreprise Buro inc. fabrique des séparateurs à onglets de divers formats et couleurs. Jusqu'à présent, la politique de l'entreprise était de fabriquer des lots de 15 000 boîtes de 20 unités, qui étaient par la suite livrés en un seul lot à l'entrepôt. Lors de la période estivale, Buro inc. avait l'habitude d'embaucher des étudiants en gestion des opérations pour effectuer des tâches de planification de la production et des stocks. Simon, un des stagiaires, voulant montrer qu'il avait bien assimilé les techniques de gestion des stocks, proposa au superviseur, M. Éthier, de revoir la taille des lots. Selon lui, il serait plus économique pour Buro inc. de diminuer la taille de ses lots de manière à réduire les coûts de stockage. Au contraire, M. Éthier considérait justement augmenter la taille des lots à 30 000 boîtes, de façon à diminuer le nombre de mises en route. La demande annuelle s'élève à 280 000 boîtes. Chaque mise en route prend en moyenne cinq heures et nécessite deux personnes, soit un opérateur et un apprenti. Les opérateurs sont payés au taux horaire de 22 $ l'heure, alors que les apprentis sont payés 14 $ l'heure. Les frais annuels inhérents au stockage, qui comprennent les coûts d'opportunité, de manutention, d'assurance et autres, représentent 22 % de la valeur des articles en stock. Le coût de revient est de 2,40 $ par boîte. Devrait-on conserver la politique actuelle, augmenter la taille des lots comme le souhaite M. Éthier, ou encore la réduire comme le suggère Simon? Déterminez la taille optimale des lots à fabriquer et comparez les différentes options au regard des coûts totaux qu'elles engendrent (analyse différentielle).

3. Le magasin Vaillant Sports

Vaillant Sports est un grand magasin d'articles de sport établi dans les Cantons-de-l'Est. Danny Donato, qui a acheté le commerce il y a quelques mois, a demandé à son cousin Steve de l'aider à mieux gérer les stocks de l'entreprise. Steve essaie présentement de déterminer le nombre de bâtons de hockey en composite *Sport Pro* qu'il faudrait acheter à chaque commande, sachant que la demande devrait augmenter de 10 % cette année. Diplômé en gestion des opérations, il se souvient avoir appris quelque chose sur la méthode du lot économique pendant ses études, et a retrouvé la formule en fouillant dans Internet. Toutefois, il n'arrive pas à réaliser le calcul car il ne pense pas avoir toutes les informations nécessaires. Il a passé la matinée à chercher des informations dans les dossiers, un peu pêle-mêle, de l'ancien propriétaire. Voici les informations qu'il a trouvées :

- L'année précédente, on a passé quatre commandes de bâtons de hockey chez *Sport Pro*;
- L'année précédente, le commis aux achats de l'entreprise a rempli en tout 8 000 bons de commande pour l'ensemble des articles achetés par le magasin. Son salaire annuel s'élève à 38 840 $, incluant les avantages sociaux, et il a dû faire 106 heures supplémentaires rémunérées à 30 $ l'heure;
- Les frais d'assurance sur les stocks de l'entreprise s'élèvent à 1,5 % de la valeur des stocks et ne couvrent pas les vols;
- Une étude de temps réalisée il y a quelques années avait montré que la réception, l'inspection et le rangement d'un lot d'articles prenaient en moyenne un total de 15 minutes. Le commis d'entrepôt est payé 15,20 $ l'heure (incluant les avantages sociaux);
- Historiquement, le taux de « disparition » des articles en stock correspond à 6 % de la valeur totale des marchandises stockées;
- L'entreprise paie actuellement un taux d'intérêt de 8,5 % sur sa marge de crédit;
- Le commis aux comptes à payer consacre 70 % de son temps au paiement des comptes fournisseurs. Normalement, un chèque est émis pour chaque bon de commande. Le salaire de ce commis est le même que celui du commis aux achats, mais il n'a pas eu à faire de temps supplémentaire l'année dernière;
- Les frais de banque sont de 0,60 $ par chèque émis;
- L'ancien propriétaire commandait 108 boîtes de bâtons à chaque commande;
- Le coût unitaire de chaque boîte est de 110 $ et il y a 2 bâtons de hockey par boîte;
- *Sport Pro* exige des commandes minimales de 500 $. Les frais de livraison sont de 15 $ par commande.

Si Steve conserve la politique d'achat actuelle, combien cette politique coûtera-t-elle pour l'année? Croyez-vous qu'il devrait modifier la taille des lots commandés? Justifiez bien votre réponse.

4. Médinet inc.

Médinet inc. est une entreprise de distribution de produits d'hygiène. Sa clientèle est composée en grande partie de clients institutionnels : hôpitaux, CHSLD, écoles, etc. Une analyse des ventes de la dernière année montre que le produit qui rapporte le plus est le Neat-o-gel 1200, un gel désinfectant vendu en caisses de 12 bouteilles de 1,2 litre, le format requis pour les distributrices qu'on retrouve un peu partout à l'entrée des édifices publics et dans les unités de soins des hôpitaux.

L'an dernier, Médinet inc. a acheté 65 500 caisses de Neat-o-gel 1 200 au prix de 70 $ la caisse (le prix de revente aux institutions est de 120 $). Le coût fixe de préparation et de livraison de chaque commande passée au fabricant, situé en Ontario, est de 310 $. À chaque réapprovisionnement, il faut compter un délai d'une journée pour la préparation et le lancement de la commande, et de trois jours pour la livraison. Le coût annuel de stockage est estimé à 20 % de la valeur des articles en stock; Médinet inc. est en opération 250 jours par année (l'entreprise est fermée la fin de semaine et les jours fériés).

4.1 Si l'on suppose que les ventes du Neat-o-gel 1200 se font à un taux constant, combien devrait-on faire de commandes à chaque année pour minimiser l'ensemble des coûts de stockage et d'approvisionnement?

4.2 Les dernières analyses montrent que le taux constant des ventes n'est pas une hypothèse valide. En réalité, les ventes suivent une distribution normale dont la moyenne est de 262 caisses par jour, avec un écart-type de 14. Or, compte tenu de l'importance du produit, Médinet inc. souhaite que les possibilités de pénurie ne dépassent pas 1 %. Dans ces conditions, et pour atteindre cette cible,

4.2.1 quel doit être le stock de sécurité si l'on choisit un réapprovisionnement à quantité fixe (le lot économique, arrondi à la caisse) et à période variable?

4.2.2 quel doit être le stock de sécurité si l'on choisit un réapprovisionnement à quantité variable et à période fixe (en choisissant la période économique, arrondie au jour près)?

4.2.3 laquelle des deux méthodes précédentes recommandez-vous à Médinet inc.? Justifiez votre réponse.

5. Mondial Pare-brise

Mondial Pare-brise est une compagnie spécialisée dans la réparation et le remplacement de pare-brise avec un grand réseau de garages à Montréal. Le stock de tout le réseau est géré dans un centre de distribution situé dans l'ouest de l'île. La demande moyenne du réseau est de 50 pare-brise par jour. Étant donné que les garages ferment les dimanches, les jours fériés et deux semaines à la fin de l'année, on considère qu'une année a 290 jours. Le fournisseur de pare-brise a un délai de livraison de 2 jours ouvrables, qu'il respecte religieusement. Une fois les pare-brise arrivés au centre de distribution, ils sont acheminés immédiatement à chaque garage (on peut alors assumer qu'il n'y a pas de délai additionnel). Chaque pare-brise est acheté à 500 $. Le coût de chaque commande est de 45 $ et le coût de stockage annuel est estimé à 30 % du coût d'achat de pare-brise.

5.1 Si on suppose que le taux de consommation est à peu près constant, combien de commandes faut-il faire par année pour minimiser les coûts de gestion des stocks et quel serait le stock de sécurité à conserver dans le centre de distribution?

5.2 Les dernières analyses suggèrent que considérer le taux de consommation constant n'est pas une hypothèse valide. En effet, on estime que la consommation varie avec un écart type de 6 unités par jour. De plus, on veut répondre aux demandes des clients dans 95,5 % des cas. Avec cette nouvelle estimation, quel serait maintenant le stock de sécurité à conserver avec :

5.2.1 Un modèle de réapprovisionnement à intervalle variable et quantité fixe?

5.2.2 Un modèle de réapprovisionnement à intervalle fixe et quantité variable? Prendre pour hypothèse que les commandes sont effectuées chaque deux jours.

5.3 Lequel des deux modèles semble convenir le mieux à Mondial Pare-brise?

6. La brochetterie grecque

Un restaurant grec achète toutes ses épices et fines herbes du même fournisseur, et passe une commande à tous les 30 jours. Le délai de livraison est de quatre jours ouvrables. Lorsque le jour de la commande arrive, l'assistant-gérant fait l'inventaire de ce qu'il reste et détermine les quantités à commander.

C'est aujourd'hui le jour de la commande et il constate qu'il reste quatre contenants de 500 ml d'origan. On utilise chaque jour, en moyenne, 200 ml de cette herbe, avec un écart-type de 30 ml. Le niveau de service désiré est de 97 %. Le restaurant est en opération 360 jours par année.

Combien de contenants d'origan doivent être commandés aujourd'hui?

7. La Banque des Laurentides

La Banque des Laurentides doit gérer le réapprovisionnement en billets de banque de son réseau de guichets automatiques, qui s'étend à la grandeur du Québec. Le gestionnaire des opérations de ces guichets doit décider à quelle fréquence on va réapprovisionner en devises le guichet de L'Ascension, qui n'est pas très utilisé mais est assez éloigné des autres. La demande hebdomadaire est, en moyenne, de 3 000 billets de 20 $. Les taux d'intérêts sont présentement à 4 % par année, et chaque réapprovisionnement coûte 47 $.

7.1 Quelle est la fréquence optimale de réapprovisionnement de ce guichet?

7.2 Quel est le coût total annuel de cette solution?

7.3 C'est le chauffeur qui fait la tournée des guichets qui doit décider, sur place, du nombre de billets à laisser. Le délai d'approvisionnement est donc de 0. Quel doit être le niveau cible?

7.4 Si l'écart-type de la demande est de 54 et qu'on souhaite un niveau de service de 98 %, quel doit être le stock de sécurité?

8. L'achat des boites d'emballage

Janike Rancourt a récemment été embauchée comme gestionnaire des stocks de fournitures dans une grande entreprise industrielle. Une des premières choses qu'elle a remarquées est qu'on ne semble pas avoir de politique claire quant aux quantités à commander. Elle se demande s'il ne serait pas avantageux de calculer la QEC, comme elle l'a appris pendant ses études, et elle a décidé d'utiliser comme modèle les boites d'emballage en carton de format 16 × 18.

Présentement, l'entreprise commande chaque semaine 1 000 boites de ce format et cette quantité suffit à rencontrer la demande, sans excédent. Lorsqu'elle a fait ses calculs, Janike a trouvé que la QEC était 3 766 boites, et qu'à cette quantité le coût total annuel (sans inclure le coût d'achat des boîtes) serait de 608,94 $. Elle voudrait maintenant comparer ce coût avec le coût total actuel, mais elle a égaré ses données de départ…

8.1 Aidez Janike en retraçant la demande annuelle (DT), le coût unitaire de commande (C_c) et le coût unitaire de stockage (C_e).

8.2 Quel est le coût total de la politique actuelle d'achat, et combien pourrait-on économiser chaque année si on adoptait plutôt la QEC?

8.3 Lorsqu'elle montre ses calculs à son patron, celui-ci lui répond qu'on ne peut pas commander la QEC parce que les boîtes doivent être achetées en multiples de 1 000 unités. Que lui répondriez-vous?

9. Keedles cellulaires

Keedles est une entreprise qui offre des services de téléphonie cellulaire et comme toutes les entreprises de ce secteur, elle vend aussi des téléphones. Même si les appareils peuvent être achetés par Internet, la plupart des clients préfèrent se présenter à un des kiosques de l'entreprise, qui sont situés dans les grands centres commerciaux et sont ouverts tous les jours de la semaine. La décentralisation des points de vente complique la gestion des stocks, puisqu'il faut des stocks de téléphones dans chacun des kiosques. Dans les points de vente les plus populaires, on vend en moyenne 3 iPhone par jour, avec un écart-type de 1, et ce toute l'année. Le délai de livraison est de 4 jours et chaque réapprovisionnement coûte 13,60 $. Compte tenu du taux de désuétude élevé et des possibilités de vol, on estime que le coût annuel de stockage est de 152 $ par téléphone. On conserve présentement un stock de sécurité de deux téléphones.

9.1 Quelle est la taille du lot économique?

9.2 Si on utilise le réapprovisionnement à période variable, quel doit être le point de commande?

9.3 Quel est le niveau de service actuel?

9.4 Dans la situation actuelle, pour une journée donnée, quelle est la probabilité qu'un de ces kiosques ne puisse pas satisfaire tous les clients qui veulent un iPhone?

9.5 Si on veut un niveau de service de 90 %, quel doit être le stock de sécurité?

9.6 Les gestionnaires de l'entreprise ont décidé modifier le mode de réapprovisionnement des kiosques. On fera dorénavant la tournée des kiosques une fois par semaine, à jour fixe. Cette méthode permet de faire baisser le coût de chaque réapprovisionnement à 9,50 $.

- **i.** déterminez le niveau cible
- **ii.** quel doit être le stock de sécurité, si on veut un niveau de service de 90 %?

10. ABC Montréal

ABC Montréal est une grande université, qui achète chaque année des fournitures variées. Vous venez d'y être embauché comme responsable des approvisionnements, avec le mandat de revoir l'ensemble des achats des fournitures. Comme vous ne pouvez pas tout faire en même temps, vous voulez identifier les produits prioritaires. Votre premier réflexe a été de sélectionner une vingtaine d'articles pour lesquels on a reçu un grand nombre de réquisitions d'achat l'année dernière. Vous avez obtenu le tableau suivant.

No.	Article	Volume annuel d'achat	Prix unitaire
1	Papier 8½ × 11 recyclé, caisse de 5 000	10 300 caisses	59,99 $ / caisse
2	Papier 8½ × 14 recyclé, caisse de 5 000	650 caisses	85,88 $ / caisse
3	Marqueurs pour tableaux, 12 / paq.	2 200 paquets	24,00 $ / paquet
4	Cartouches pour imprimantes	2 250 unités	93,99 $
5	Papier hygiénique, caisse de 6	3 400 caisses	47,19 $ / caisse
6	Papier essuie-tout, caisse de 24	1 230 caisses	32,09 $ / caisse
7	Tubes fluorescents 48'', bte de 30	280 boîtes	187,50 $ / bte
8	Sel d'épandage, 50 lb	290 sacs	24 $ / sac
9	Stylos, 12 / paq.	1 525 paquets	20,19 $ / paquet
10	Cartons bristols pré-pliés, bte 100	106 boîtes	22,00 $ / bte
11	Chemises de carton, bte de 100	148 boîtes	27,99 $ / bte

No.	Article	Volume annuel d'achat	Prix unitaire
12	Savon à plancher Floor Science, 4 l.	720 contenants	27,00 $
13	Savon à main UP-87, 4 l.	67 contenants	13,49 $
14	Cahiers d'examen	40 000 unités	0,42 $
15	Pochette pour examens	8 000 unités	4,10 $
16	Enveloppes 10 × 13, bte 500	125 boîtes	97,00 $ / bte
17	Enveloppes 4¼ × 9½, bte 500	165 boîtes	78,00 $/ bte
18	Post-it 3 × 3, paquet de 12	740 paquets	28,09 $/ paquet
19	Petits sacs à poubelle, caisse de 1 000	76 caisses	32,00 $ / caisse
20	Grands sacs à poubelle, caisse de 100	200 caisses	28,39 $ / caisse

Que devriez-vous faire maintenant?

Problèmes non résolus

1. Sport Racket-Plus

Le magasin Sport Racket-Plus vend plusieurs produits reliés aux sports de raquettes. Parmi ces produits, les balles de tennis et de squash sont ceux dont les ventes sont les plus élevées. Le magasin est ouvert 300 jours par année.

La demande des balles de tennis obéit à une loi normale dont la moyenne est de 20 boîtes de balles par jour et l'écart-type est de cinq boîtes de balles. Sport Racket-Plus paye 2,20 $ les boîtes de trois balles qu'elle revend 5,95 $. Le système actuel de gestion des stocks consiste à lancer une commande auprès du fournisseur quand il ne reste que 150 boîtes de balles en stock. Le fournisseur, dont le délai de livraison est de sept jours ouvrables, livre alors 400 boîtes, soit la quantité économique à commander. Le coût de commande est de 20 $.

Récemment, un jeune vendeur a fait remarquer au propriétaire du magasin qu'il était fréquent que des clients se plaignent du fait qu'il ne restait plus aucune boîte de balles. Or, le propriétaire aimerait offrir un excellent niveau de service, soit de 98 %.

1.1 Dans la situation actuelle, quel est le coût total annuel lié à la passation des commandes et au stockage des boîtes de balles de tennis?

1.2 Quel est le niveau de service actuellement offert par le magasin pour les boîtes de balles de tennis?

1.3 Que pourrait-on faire pour atteindre le niveau de service désiré? Faites deux propositions différentes, en appuyant bien vos réponses à l'aide des calculs appropriés.

Chez Sport Racket-Plus, les balles de squash sont gérées par un système à réapprovisionnement périodique. La demande des balles de squash obéit à une loi normale dont la moyenne est de dix boîtes de balles par jour, et l'écart-type quotidien est de trois boîtes de balles. Sport Racket-Plus paye ces balles 30 $ la boîte de douze balles et les revend à l'unité. Le coût annuel de stockage représente 30 % de la valeur du produit. Le fournisseur est situé tout près du magasin et livre les balles en trois jours ouvrables. Les coûts de commande de ce produit sont de 21 $ et le propriétaire souhaite maintenir un risque de pénurie ne dépassant pas 3 %.

1.4 Pour se simplifier la vie, le propriétaire du magasin souhaite effectuer ses commandes à tous les deux lundis, soit aux 12 jours ouvrables. Combien de boîtes de 12 balles doit-on alors conserver en stock de sécurité pour atteindre le niveau de service désiré?

1.5 Cet intervalle de 12 jours vous semble-t-il optimal? Sinon, quel est l'intervalle de temps optimal entre deux commandes de balles de squash et, si l'on modifie cet intervalle, quel sera l'impact sur le coût total et le niveau des stocks de sécurité?

1.6 Compte tenu du coût total calculé en (1.5), combien l'entreprise Sport Racket-Plus économiserait-elle si elle adoptait le modèle du point de commande pour les balles de squash? Présentez vos calculs.

2. Les sacs de plastique

Une chaîne québécoise de supermarchés achète des rouleaux de sacs de plastique léger pour la section des fruits et légumes.

Les rouleaux de sacs se vendent en caisses de quatre rouleaux de 1 000 sacs chacun. Pour combler les besoins de tous les magasins de la région de Montréal, il faut acheter chaque année 17 500 caisses de 4 rouleaux. Compte tenu du volume actuel d'achat, le prix d'achat est de 40 $ la caisse et l'entreprise commande 2 500 caisses à la fois.

L'ensemble des coûts pour passer une commande s'élève à 140 $, alors que le coût de stockage est de 20 % de la valeur des articles en stocks.

Quelle est la politique d'achat qui permettrait de réduire le coût total annuel, et combien pourrait-on ainsi économiser par rapport à la politique actuelle?



4 La planification globale de la production

Objectifs d'apprentissage

À la fin de ce chapitre, vous devriez être capable :

- d'expliquer quelles sont les grands niveaux de la planification des opérations, leurs différences et leurs interrelations;
- d'expliquer ce qu'est la planification globale des opérations et sa place dans l'ensemble du processus de planification;
- d'expliquer la notion d'unités équivalentes et son importance pour la planification globale, et de convertir des unités équivalentes en unités réelles de produit (et vice-versa);
- d'identifier les différentes stratégies de planification qui peuvent être déployées dans le plan global, ainsi que leurs avantages et inconvénients;
- de déterminer comment chacun des éléments de stratégie et options disponibles en planification globale est utilisé pour faire varier la capacité; d'analyser l'impact de chacun sur le coût total et l'ensemble de l'organisation;
- de comparer différents plans possibles et de choisir le plan global le plus approprié en fonction des objectifs poursuivis et des contraintes à respecter.

4.1 La notion de planification des opérations

La planification des opérations consiste à déterminer les quantités de biens ou de services qui devront être produites à différentes périodes dans le futur. Cette étape est essentielle si l'on veut être en mesure de répondre à la demande prévue du marché et de satisfaire les objectifs de l'organisation. La planification est constituée de quatre niveaux distincts (voir la figure 4.1), qui correspondent à des horizons de temps et à des degrés de précision différents :

1) La planification globale des opérations est normalement faite environ un an à l'avance. Elle vise à répartir de manière stratégique les différentes ressources de production, de façon à optimiser leur utilisation tout en répondant aux objectifs du plan d'affaires et des prévisions de la demande. Elle conduit au plan global de production (PGP);

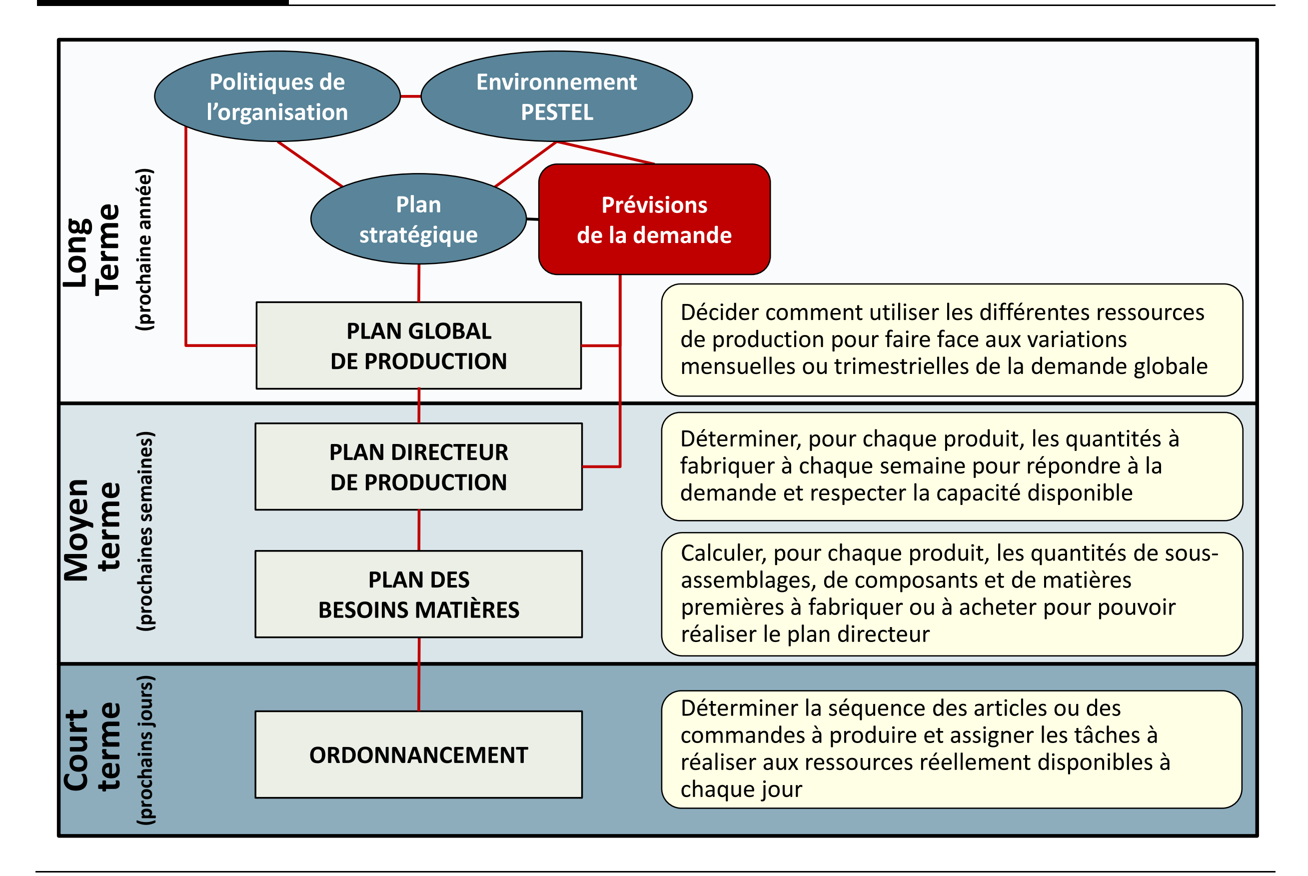
2) La planification détaillée est normalement faite quelques mois à l'avance. Elle vise à déterminer, pour chacun des produits de l'entreprise, les quantités à produire chaque semaine de manière à répondre au mieux à la demande tout en respectant les limites de capacité. Elle conduit au plan directeur de production (PDP);

3) La planification des besoins matières découle directement de la planification détaillée. Elle a pour but de calculer, pour chacun des produits, les quantités de sous-assemblages, de composants, de pièces et de matières premières qu'il faut fabriquer ou acheter pour être en mesure de réaliser les quantités prévues par le plan détaillé. Elle conduit au plan des besoins matières (PBM);

4) L'ordonnancement est l'étape de planification à plus court terme; elle est normalement réalisée quelques jours à l'avance. Cette étape a pour but de déterminer la séquence précise des articles ou des commandes à produire (ou des clients à servir, dans le cas des entreprises de services) et d'assigner les tâches à accomplir aux différents employés ou équipements réellement disponibles chaque jour.

Dans ce chapitre, on traitera de la première étape de planification, à savoir la planification globale. Le chapitre suivant présentera la planification détaillée et la planification des besoins matières. L'ordonnancement des opérations sera abordé au chapitre 6.

Figure 4.1 **Les quatre niveaux de la planification des opérations**



4.2 En quoi la planification globale est-elle importante pour moi?

Si je travaille en :

- **marketing**, j'aurai à fournir les prévisions de demande et les informations sur les préférences des consommateurs qui seront à la base du PGP. En retour, les contraintes qui limitent les différents niveaux de planification auront un impact direct sur les quantités de produits en stock et la capacité à répondre à la demande du marché;

- **finance ou en comptabilité**, j'aurai à fournir les informations financières qui interviennent dans la planification globale. En retour, j'aurai à équilibrer les flux de trésorerie générés par les différents niveaux de planification;

- **gestion des ressources humaines**, j'aurai à fournir les informations sur les salaires, les conditions du marché de l'emploi et les conditions de travail (p. ex., surtemps, temps partiel) qui influencent directement la planification globale. En retour, je devrai gérer les conséquences des différents plans établis (temps supplémentaire, embauche d'employés à temps partiel, etc.);

- **gestion des systèmes d'information en gestion**, je devrai développer et maintenir les bases de données et les systèmes d'aide à la décision qui sont employés pour faire la planification;

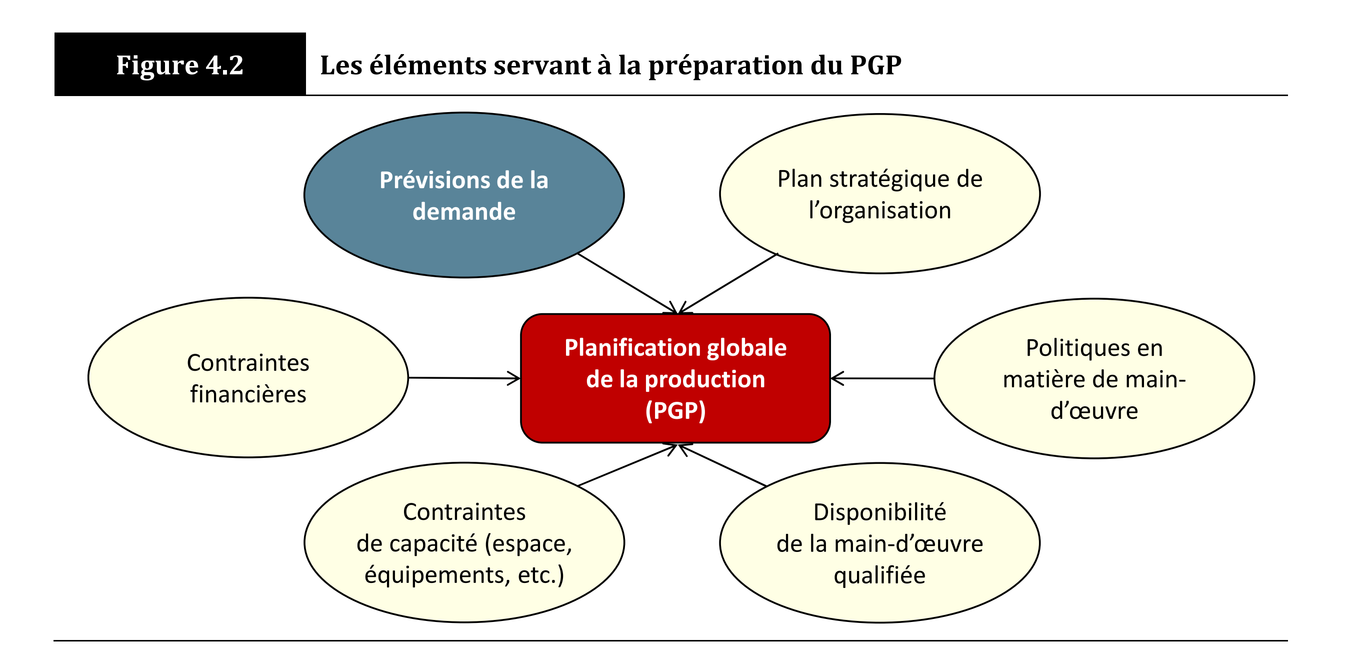
- **gestion des opérations et de la logistique**, j'aurai moi-même à préparer ces plans et à coordonner les flux de matières, de composants et de produits finis qu'ils vont engendrer.

4.3 La planification globale de la production et les informations qu'elle requiert

La planification globale vise à déterminer quelle est la meilleure stratégie à utiliser pour répondre à la demande globale prévue pour la ou les prochaines années. Lorsque la demande est constante toute l'année, cette étape de planification est assez simple; toutefois, cette situation est plutôt rare. Dans la majorité des cas, la demande varie d'un mois à l'autre et il faut décider comment s'y prendre pour répondre au mieux à la demande sans que les coûts soient trop élevés. Par exemple, vaut-il mieux essayer de « suivre » la demande en embauchant des employés dans les périodes de pointe et en faisant des mises à pied dans les périodes creuses? Est-il préférable de profiter des périodes creuses pour fabriquer à l'avance des produits qui seront stockés, puis vendus pendant les périodes de pointe?

Pour préparer le plan global de production (PGP), il faut tenir compte de l'ensemble des éléments présentés à la figure 4.2. Les prévisions de la demande (voir le chapitre 2) sont le point de départ de la planification, l'objectif premier du plan étant d'évaluer comment on peut répondre au mieux à la demande. Toutefois, le plan tiendra aussi compte du plan stratégique de l'organisation : marchés cibles et positionnement de l'organisation; objectifs visés en matière de part de marché, de croissance, de revenus ou de rentabilité; etc. Il doit aussi considérer les différentes contraintes auxquelles l'organisation doit faire face, que ce soit au plan financier (peu de liquidités), au plan de la main-d'œuvre (contraintes syndicales ou de droit du travail) ou au plan des ressources matérielles (équipement de production et espace de stockage disponibles). Au-delà des contraintes fixes, certaines organisations peuvent s'être fixé des politiques en matière de main-d'œuvre (par exemple, limiter le temps supplémentaire ou les mises à pied) ou être confrontées à des pénuries de main-d'œuvre qualifiée. Dans tous les cas, ces éléments vont influencer les choix qui seront faits au moment de la préparation du PGP.

Figure 4.2 **Les éléments servant à la préparation du PGP**



4.4 Les principes-clés de la planification globale

Les variables disponibles pour la planification globale

L'entreprise dispose de différents moyens pour faire varier sa production. Ces moyens sont :

- l'embauche et la mise à pied d'employés;
- le recours au temps supplémentaire ou au temps partiel;
- l'acceptation de temps morts et de capacité inutilisée;
- le recours au stockage;
- l'acceptation de pénuries ou de commandes en souffrance;
- le recours à la sous-traitance.

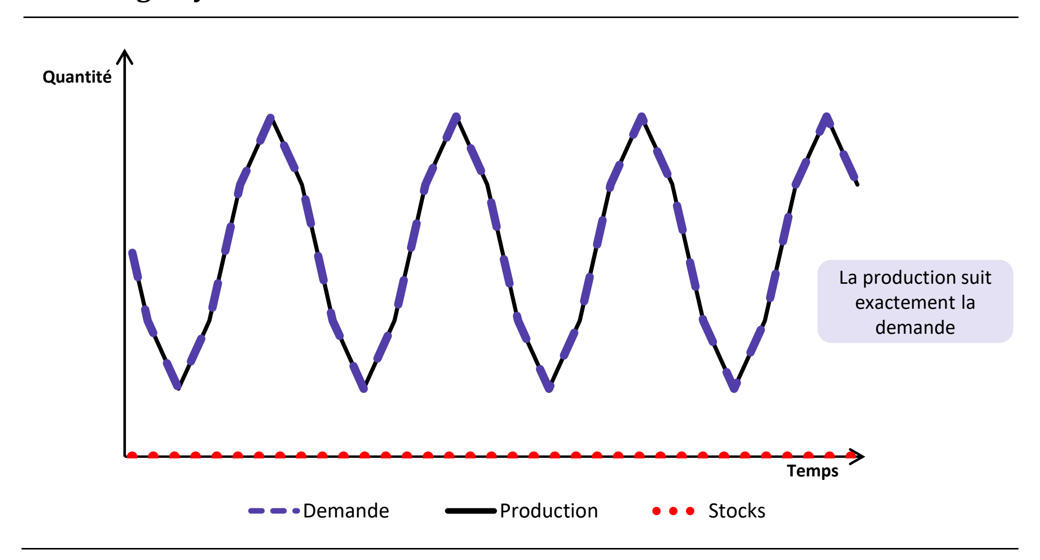
Notons que toutes les variables précédentes entraînent des coûts directs et indirects. Par exemple, l'embauche et la mise à pied comportent des coûts de formation, des coûts administratifs, des primes de départ, etc. De plus, il n'est pas garanti qu'on puisse facilement trouver du personnel qualifié si l'on n'offre pas un emploi stable; bien des entreprises préféreront avoir des employés inoccupés pendant quelque temps plutôt que de risquer de perdre leur main-d'œuvre qualifiée. Le temps supplémentaire et le temps partiel s'accompagnent généralement de primes salariales, mais ils peuvent aussi entraîner des coûts liés à la fatigue ou à la démotivation. Le stockage est souvent très coûteux, particulièrement lorsque les taux d'intérêt ou le coût d'opportunité sont élevés; il faut aussi considérer le coût de l'espace requis, des assurances, des pertes, de la désuétude, etc. Mais se retrouver en pénurie peut aussi s'avérer coûteux si cela se traduit par la perte de clients importants; même si les clients acceptent les livraisons retardées, ces dernières entraînent des coûts administratifs et, à long terme, une baisse de la confiance des clients. La sous-traitance semble souvent une solution facile mais encore faut-il trouver des sous-traitants fiables et s'assurer de la qualité obtenue. Les différentes combinaisons possibles de ces variables doivent donc s'accompagner d'une analyse rigoureuse des coûts qu'elles entraînent.

Les stratégies disponibles pour la planification globale

Lorsque la demande varie beaucoup d'une période à l'autre, jusqu'à quel point la production doit-elle s'ajuster à ces variations? Il y a à cet égard trois grandes stratégies :

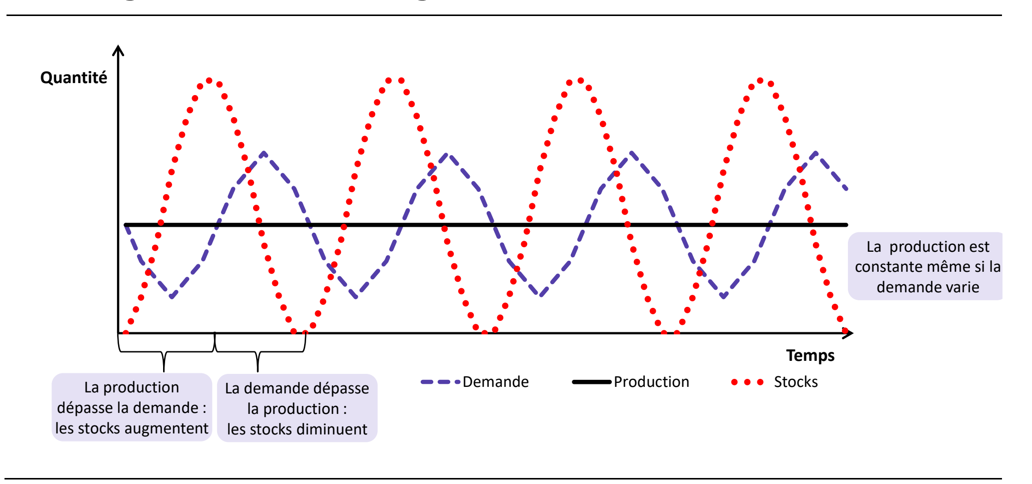
- **La stratégie synchrone :** la production est ajustée à chaque période pour correspondre exactement à la demande prévue. On peut la représenter graphiquement de la manière suivante :

La stratégie synchrone



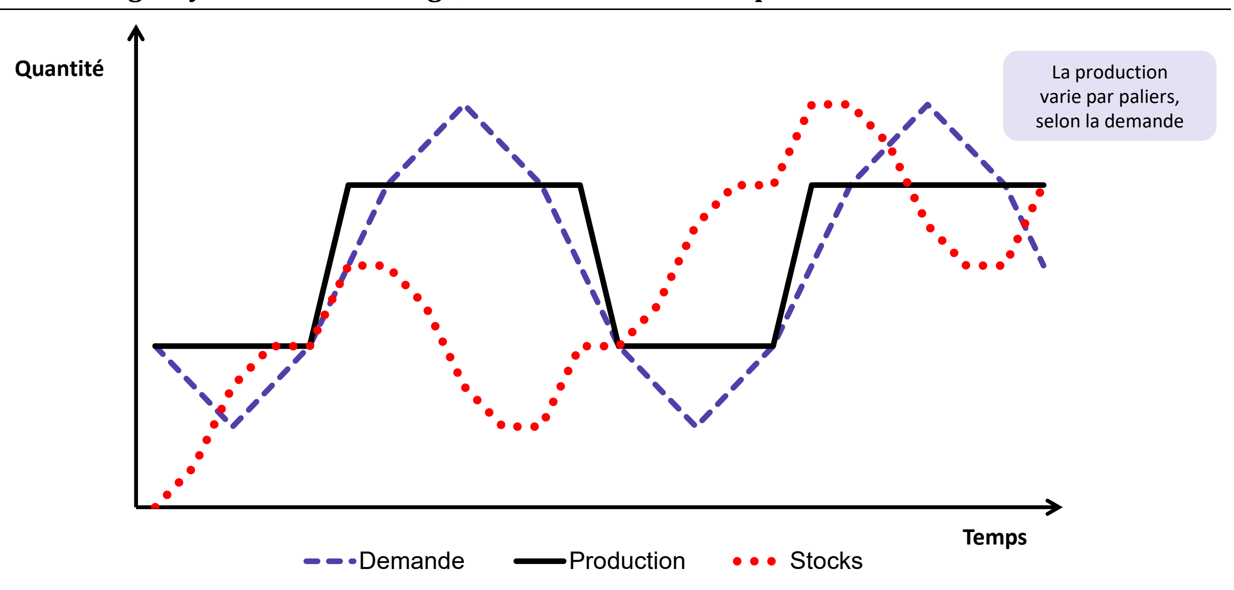
- **La stratégie nivelée (ou de nivellement) :** la production est stable à toutes les périodes, quelles que soient les variations de la demande prévue. Elle se présente ainsi :

La stratégie nivelée avec stockage



- **La stratégie hybride (ou modérée) :** la production change d'une période à l'autre, mais de façon moins marquée que les variations de la demande prévue. C'est donc une stratégie intermédiaire entre les deux extrêmes que sont le plan nivelé et le plan synchrone. Par exemple, le plan suivant :

Une stratégie hybride avec stockage, embauches et mises à pied



Quelle stratégie choisir?

Il n'y a pas de plan parfait; tous les plans présentent des avantages et des inconvénients. Par exemple :

- La stratégie synchrone n'entraîne aucun stock et aucune pénurie. Toutefois, il n'est pas toujours facile ni même possible de faire autant varier la main-d'œuvre ou, si l'on choisit de garder le nombre d'employés constant, d'avoir recours à autant de temps supplémentaire et de temps morts. De plus, à moins de pouvoir louer à volonté des espaces et de l'équipement, il faudra fixer ces ressources au niveau maximum et accepter qu'elles ne soient pas utilisées dans les périodes à faible production;
- La stratégie nivelée permet d'avoir une main-d'œuvre stable et de conserver les compétences acquises. La production stable est aussi plus facile à planifier et à gérer. Par contre, elle entraîne des stocks élevés et peut se traduire par des pénuries ou des commandes en souffrance;
- La stratégie hybride possède, à des niveaux variables, les avantages et inconvénients des stratégies synchrone et nivelée. C'est souvent la plus utilisée, parce qu'elle génère normalement des solutions plus réalistes et moins coûteuses que les deux stratégies extrêmes.

Puisqu'il n'y a pas de plan parfait, le plan global qui est normalement choisi est celui qui répond au mieux à l'ensemble des besoins et contraintes de l'organisation. Il résulte habituellement d'un arbitrage entre différents objectifs (respect des conventions collectives, disponibilité de main-d'œuvre qualifiée sur le marché, meilleure satisfaction de la demande tout en réduisant le coût total).

4.5 Les unités équivalentes et les unités réelles de produits

Puisque les décisions prises lors de la préparation du plan global sont de nature stratégique, elles ne peuvent être prises séparément pour chacun des produits de l'entreprise mais doivent toucher soit l'ensemble des produits, soit au moins une vaste famille de produits. Il faut donc établir le PGP non pas en unités réelles de produits mais en *unités équivalentes*, c'est-à-dire des unités de référence en lesquelles seront convertis tous les autres produits.

Prenons comme exemple trois des meubles de la série *Micke* vendus chez IKEA :



Bureau simple — Bureau à caisson — Poste de travail d'angle

Il est clair que fabriquer un poste de travail d'angle requiert plus de ressources en capacité (temps des employés et temps-machine) que fabriquer un bureau simple. On pourrait alors décider que le bureau simple représente l'unité équivalente (UÉ), et en comparant les ressources en capacité requises pour fabriquer les autres modèles, calculer que le bureau à caisson vaut 1,5 unité équivalente alors que le poste de travail d'angle vaut 3 unités équivalentes.

Donc, si l'usine consacrée à ces produits a une capacité totale de 1 500 unités équivalentes par mois, elle peut fabriquer 1 500 bureaux simples ou 1 000 bureaux à caisson ou 500 postes de travail d'angle. Mais il est aussi possible de fabriquer n'importe quelle combinaison des trois produits qui respecte la contrainte de capacité totale. Par exemple, on pourrait fabriquer :

200 postes de travail d'angle = 600 UÉ (soit 200 × 3 UÉ)

300 bureaux à caisson = 450 UÉ (soit 300 × 1,5 UÉ)

450 bureaux simples = 450 UÉ (soit 450 × 1 UÉ)

TOTAL = 1 500 UÉ

4.6 Élaborer le plan global de production et comparer différents plans

La meilleure façon d'élaborer un plan de production est de préparer un tableau comprenant, d'une part, les différentes périodes à planifier et, d'autre part, les différentes variables qu'on peut utiliser. Pour faciliter les choses, on devrait aussi pouvoir y inscrire les informations de départ qui sont disponibles. De manière à bien comprendre la démarche de préparation du plan, considérons un exemple concret :



L'entreprise Canada-Aviation fabrique des avions miniatures téléguidés. Une section de l'usine est dédiée à l'assemblage de deux modèles, soit le biréacteur et le triréacteur. L'entreprise prévoit une demande totale de 15 050 unités équivalentes pour les six premiers mois de l'année prochaine. La demande augmente régulièrement pendant les quatre premiers mois et diminue par la suite.

L'équipe de production est composée de 21 employés capables de produire chacun 100 unités équivalentes par mois. On prévoit commencer l'année prochaine avec un stock de 50 unités équivalentes.

Les coûts liés à la production de ces avions sont les suivants :

- coût de stockage : 20 $ par unité par mois;
- coût de pénurie (livraison reportée d'un mois) : 50 $ par unité;
- coût de la main-d'œuvre en temps régulier : 2 000 $ par employé par mois;
- coût de la main-d'œuvre en temps supplémentaire : 3 000 $ par employé par mois;
- coût d'embauche : 1 500 $ par employé;
- coût de mise à pied : 4 000 $ par employé.

Les tableaux suivants présentent chacun une stratégie possible et les coûts qui y sont associés :

Stratégie synchrone

PGP	Initial	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
Demande		2 330	2 350	2 520	2 850	2 550	2 450
Production		2 280	2 350	2 520	2 850	2 550	2 450
Stocks	50	0	0	0	0	0	0
Pénuries		0	0	0	0	0	0
Employés	21	22	23	25	28	25	25
Embauches		1	1	2	3	0	0
Mises à pied		0	0	0	0	3	0
Temps suppl. (en n^{bre} d'employés)		0,8	0,5	0,2	0,5	0,5	0
Temps mort (en n^{bre} d'employés)		0	0	0	0	0	0,5

- Le niveau de production correspond exactement à la demande, sauf à la période 1, où l'on utilisera les 50 unités en stock;
- En produisant ainsi, on n'accumule aucun stock;
- Ici, on a choisi d'ajuster la main-d'œuvre à chaque période : on utilise l'embauche, les mises à pied et le temps supplémentaire pour ajuster la capacité. On remarque que le temps supplémentaire a été indiqué en fraction du temps de travail d'un employé à temps plein : à la période 2, les 23 employés peuvent fabriquer en temps normal 2 300 des 2 350 unités requises; les 50 unités manquantes correspondent au temps de travail de 0,5 employé à temps plein. Soulignons qu'on aurait pu avoir une stratégie synchrone tout en conservant une main-d'œuvre plus stable; il aurait alors fallu faire davantage de temps supplémentaire et/ou accepter d'avoir des temps morts;
- On remarque qu'en juin, on a choisi de ne pas faire de mise à pied, même s'il y a alors une capacité inutilisée équivalente à 0,5 employé. On aurait aussi pu faire une mise à pied et faire faire du temps supplémentaire aux employés restants. Remarquons qu'on se retrouve, à la fin du plan, avec 25 employés en poste (alors qu'il n'y en avait que 21 au début).

Coûts de cette stratégie synchrone

COÛTS	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Total
Stockage	– $	– $	– $	– $	– $	– $	– $
Pénurie	– $	– $	– $	– $	– $	– $	– $
Salaires – temps régulier	44 000 $	46 000 $	50 000 $	56 000 $	50 000 $	50 000 $	296 000 $
Salaires – temps suppl.	2 400 $	1 500 $	600 $	1 500 $	1 500 $	– $	7 500 $
Embauches	1 500 $	1 500 $	3 000 $	4 500 $	– $	– $	10 500 $
Mises à pied	– $	– $	– $	– $	12 000 $	– $	12 000 $
Total par période	47 900 $	49 000 $	53 600 $	62 000 $	63 500 $	50 000 $	326 000 $

- Le coût des salaires provient de la multiplication du salaire mensuel par le nombre d'employés de chaque période (on procède de la même façon pour le coût du temps supplémentaire);
- Les coûts d'embauche et de mise à pied sont inscrits aux périodes où ces activités ont eu lieu. On multiplie ces coûts par le nombre d'employés embauchés ou mis à pied durant chaque période;
- On ne calcule pas le coût du temps mort puisqu'il est déjà inclus dans le coût du salaire mensuel à temps régulier.

Stratégie nivelée

PGP	Initial	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
Demande		2 330	2 350	2 520	2 850	2 550	2 450
Production		2 500	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500
Stocks	50	220	370	350	0	0	0
Pénurie		0	0	0	0	50	0
Employés	21	25	25	25	25	25	25
Embauches		4	0	0	0	0	0
Mises à pied		0	0	0	0	0	0
Temps suppl. (en n^{bre} d'employés)		0	0	0	0	0	0
Temps mort (en n^{bre} d'employés)		0	0	0	0	0	0

- Pour déterminer la quantité à produire durant chaque période, on procède de la manière suivante : on additionne la demande des six mois (15 050), on soustrait le stock de départ (étant donné qu'on n'aura pas à le produire, donc 15 050 – 50 = 15 000), puis on divise la quantité à produire par le nombre de périodes (ici, six). On obtient alors une production constante de 2 500 unités équivalentes par mois;
- Par convention, le stock correspond au stock de la fin de la période; il est calculé de la façon suivante :
    - (Stock de fin de la période précédente + production de la période) – demande de la période. P. ex., janvier : (50 + 2 500) – 2 330 = 220
- Plutôt que d'indiquer un stock négatif en mai, on a indiqué une pénurie (de manière à bien calculer les coûts). Si l'on peut reporter cette pénurie (ce qui est le cas ici), elle sera résorbée dès le début de la période suivante et le stock à la fin de juin sera de zéro. Si la pénurie s'avérait être une vente perdue, on terminerait le mois de juin avec un stock de 50 unités;
- Pour produire 2 500 unités, on aura besoin de 25 employés par mois. Une embauche de quatre employés sera nécessaire en janvier. La main-d'œuvre est stable par la suite.

Coûts de cette stratégie nivelée

COÛTS	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Total
Stockage	4 400 $	7 400 $	7 000 $	– $	– $	– $	18 800 $
Pénurie	– $	– $	– $	– $	2 500 $	– $	2 500 $
Salaires – temps régulier	50 000 $	50 000 $	50 000 $	50 000 $	50 000 $	50 000 $	300 000 $
Salaires – temps suppl.	– $	– $	– $	– $	– $	– $	– $
Embauches	6 000 $	– $	– $	– $	– $	– $	6 000 $
Mises à pied	– $	– $	– $	– $	– $	– $	– $
Total par période	60 400 $	57 400 $	57 000 $	50 000 $	52 500 $	50 000 $	327 300 $

- On obtient les coûts de stockage et de pénurie en multipliant leur coût unitaire respectif par le nombre d'unités stockées ou en pénurie durant chacune des périodes.

Stratégie hybride

PGP	Initial	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
Demande		2 330	2 350	2 520	2 850	2 550	2 450
Production		2 300	2 500	2 500	2 700	2 700	2 300
Stocks	50	20	170	150	0	150	0
Pénurie		0	0	0	0	0	0
Employés	21	22	23	23	23	23	23
Embauches		1	1	0	0	0	0
Mises à pied		0	0	0	0	0	0
Temps suppl. (en n^bre d'employés)		1	2	2	4	4	0
Temps mort (en n^bre d'employés)		0	0	0	0	0	0

- Ici, on a choisi de faire varier le niveau de production tous les deux mois pour avoir une main-d'œuvre plus stable. Le nombre d'employés varie peu mais on fait davantage de temps supplémentaire que dans la stratégie synchrone;
- On utilise les stocks, mais moins que dans la stratégie de nivellement.

Coûts de cette stratégie hybride

COÛTS	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Total
Stockage	400 $	3 400 $	3 000 $	– $	3 000 $	– $	9 800 $
Pénurie	– $	– $	– $	– $	– $	– $	– $
Salaires – temps régulier	44 000 $	46 000 $	46 000 $	46 000 $	46 000 $	46 000 $	274 000 $
Salaires – temps suppl.	3 000 $	6 000 $	6 000 $	12 000 $	12 000 $	– $	39 000 $
Embauches	1 500 $	1 500 $	– $	– $	– $	– $	3 000 $
Mises à pied	– $	– $	– $	– $	– $	– $	– $
Total par période	48 900 $	56 900 $	55 000 $	58 000 $	61 000 $	46 000 $	325 800 $

Si l'on considère le coût total des trois plans, la stratégie hybride développée ici est le plan le moins cher (325 800 $, soit 1 500 $ de moins que la stratégie nivelée, qui est ici le plan le plus coûteux). Toutefois, la stratégie hybride implique que les employés devront faire beaucoup d'heures supplémentaires pendant deux périodes consécutives (17 % de temps supplémentaire en avril et mai). Il faudrait évaluer l'impact de ce temps supplémentaire sur les employés (souhaitent-ils ou non faire autant d'heures supplémentaires?) et, éventuellement, sur la qualité du travail réalisé (fatigue accumulée). La décision finale doit donc considérer les coûts totaux, mais elle doit également tenir compte des contraintes (par exemple, la convention collective impose-t-elle un plafond au temps supplémentaire?) et des politiques de l'organisation.

Soulignons que les trois plans précédents n'illustrent que les deux stratégies extrêmes (un plan parfaitement synchrone et un plan parfaitement nivelé) et un plan hybride possible. Il faudrait élaborer d'autres plans hybrides et les comparer avant de prendre une décision finale. Pour limiter le nombre de plans à comparer, on peut d'entrée de jeu comparer les variables entre elles et cibler celles qui sont les moins coûteuses en faisant une analyse des seuils de préférence. Par exemple, chez Canada-Aviation, le coût de stockage est de 20 $ par mois alors que le coût de pénurie est de 50 $ par unité. Donc,

le seuil de préférence entre le stockage et la pénurie est de 2,5 mois : si l'on stocke pendant deux mois ou moins, le stockage est moins cher que la pénurie; si l'on doit stocker pendant trois mois ou plus, la pénurie devient plus avantageuse. De même, puisqu'un employé peut fabriquer 100 unités par mois, chaque unité équivalente produite en temps régulier a un coût de revient en main-d'œuvre de 20 $ (soit 2 000 $ ÷ 100) alors qu'une unité produite en temps supplémentaire à un coût de revient de 30 $ (soit 3 000 $ ÷ 100). Le différentiel de prix est donc de 10 $ par unité équivalente. Ainsi, il est moins coûteux de fabriquer une unité en temps supplémentaire que de la produire à temps régulier et de la stocker, même si ce n'est que pour un mois. Enfin, l'embauche et la mise à pied d'un employé coûtent 5 500 $ (soit 1 500 $ pour l'embauche et 4 000 $ pour la mise à pied), sans compter son salaire. Si l'employé ne travaille qu'un mois, ce coût est amorti sur 100 unités fabriquées et s'élève alors à 55 $ par unité équivalente; pour deux mois, il est de 27,50 $ par unité équivalente; pour trois mois, il est de 18,33 $ par unité équivalente; etc. On peut alors comparer ces coûts au coût de stockage (20 $ par unité par mois), au coût de pénurie (50 $ par unité) ou au différentiel de prix d'une unité produite en temps supplémentaire (10 $ par unité) et déterminer les seuils de préférence.

L'analyse des seuils de préférence permet de privilégier certaines variables au moment de l'établissement des plans, mais elle ne remplace pas la préparation et la comparaison de différents plans. En effet, elle ne tient compte que du coût relatif des différentes variables, sans considérer la quantité de chacune de ces variables qu'il faudra utiliser (quantité totale à stocker, total des heures supplémentaires par période, etc.). Seule la comparaison des plans globaux permet d'évaluer si les stratégies considérées respectent ou non les contraintes et les politiques de l'entreprise.

4.7 Synthèse du chapitre

Ce chapitre a permis d'avoir un aperçu général de la planification des opérations et de voir le premier niveau du processus de planification. Comme on a pu le constater, le plan global de production (PGP) a pour but de déterminer quelle est la meilleure manière de faire face à une demande dont on sait déjà qu'elle variera tout au long de l'année ou des prochaines années : vaut-il mieux stocker, faire varier le nombre d'employés, prévoir du temps supplémentaire, etc.? Il s'agit là de décisions qui doivent être prises assez longtemps à l'avance et qu'il ne serait pas logique de prendre séparément pour chacun des produits fabriqués par l'entreprise. C'est pourquoi le PGP est réalisé en unités équivalentes sur un horizon d'un à deux ans.

Le plan global de production est la concrétisation de différentes décisions stratégiques. Il est influencé par les prévisions de la demande – et en particulier par l'existence de demandes saisonnières – mais aussi par la connaissance du marché et des concurrents : quel sera l'impact d'être en pénurie de certains produits? L'environnement PESTEL joue aussi un rôle important; par exemple, la possibilité de procéder à de multiples embauches et mises à pied, ou encore de faire des heures supplémentaires, est influencée par la situation du marché de l'emploi, les lois du travail et la désirabilité sociale de ces actions. Les coûts de stockage sont directement influencés par la situation économique générale et par la situation particulière de l'organisation : lorsque les taux d'intérêt sont élevés ou que les liquidités sont limitées, il devient souvent plus avantageux de réduire les stocks, quitte à subir des pénuries ou à devoir faire des heures supplémentaires. Tous ces éléments se traduisent normalement par l'établissement de politiques d'entreprise qui encadrent la planification globale et assurent qu'elle contribue à la performance d'ensemble de l'organisation.

Questions de révision

Vrai ou faux?

1.	La planification globale est celle qui est réalisée à plus long terme et l'ordonnancement, à plus court terme.	
2.	L'objectif du plan directeur de production est de déterminer, pour chaque produit, les quantités à fabriquer à chaque semaine pour répondre à la demande et respecter la capacité disponible.	
3.	La stratégie hybride permet habituellement de mieux respecter les contraintes mais entraîne un coût total plus élevé.	
4.	La stratégie synchrone est celle qui permet le mieux de conserver une main-d'œuvre stable.	
5.	On devrait choisir le plan global dont le coût total est le plus bas.	
6.	Les unités équivalentes permettent d'additionner la demande de différents produits.	
7.	Les stratégies synchrone et nivelée représentent les deux approches extrêmes en matière d'ajustement de l'offre à la demande.	
8.	La stratégie nivelée est celle qui entraîne habituellement le plus haut niveau de stocks.	
9.	Une entreprise évalue son coût unitaire de stockage à 12 $ par mois et coût unitaire de pénurie à 48 $. Donc, s'il faut stocker les unités pendant plus de quatre mois pour éviter les pénuries, il vaut mieux être en pénurie.	
10.	Dans une entreprise qui fabrique des produits très différents, on devrait faire un plan global distinct pour chacun des produits.	

Questions de discussion

1. Les exemples présentés dans ce chapitre ont porté sur des entreprises de fabrication de biens tangibles. Comment appliquerait-on la planification globale des opérations dans les entreprises de service suivantes :

- un grand centre hospitalier;
- un bureau de consultants en gestion;
- un parc d'attractions comme *La Ronde*;
- un mégaplex comptant 16 salles de cinéma;
- une grande école de gestion.

2. Le plan global est réalisé à partir de prévisions de ventes à relativement long terme (une à trois années à l'avance). Or, on sait que plus les prévisions sont faites longtemps d'avance, plus le degré d'incertitude est élevé. Dans ce contexte, est-il vraiment pertinent de faire une planification globale? Ne serait-il pas mieux d'attendre d'avoir des prévisions de ventes plus certaines et de planifier à plus court terme? Discutez.

3. Pourquoi fait-on la planification globale en unités équivalentes? Ne serait-il pas plus réaliste et plus pratique d'établir le plan en unités réelles de produit? Et l'on éviterait ainsi les inévitables erreurs de conversion… Discutez.

4. Les technologies de l'information permettent d'automatiser les calculs servant à la préparation du plan global de production. De plus, on pourrait facilement modéliser les différentes variables, contraintes et politiques qui interviennent dans la préparation des différents plans. On pourrait ensuite, à l'aide d'un solveur, déterminer le plan optimal en fonction d'un objectif précis (par exemple, la minimisation des coûts totaux). Est-il encore pertinent de générer différents plans et de les analyser avant de choisir le meilleur? Discutez.

Problèmes résolus

1. Thor Mobilité inc.

Michelle Odin, planificatrice chez Thor Mobilité inc., prépare présentement le plan global de production de la prochaine année. Elle dispose des prévisions de ventes suivantes, transformées en unités équivalentes :

	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Demande	17 000	19 000	24 000	25 000	32 000	32 000	23 000	27 000	36 000	34 000	37 000	42 000

Les informations relatives à la production sont :

- coût d'embauche : 2 400 $;
- coût de mise à pied : 3 200 $;
- salaire mensuel régulier : 3 600 $;
- prime de temps supplémentaire : 50 %;
- coût mensuel de stockage : 8 $;
- coût de pénurie : 42 $;
- production mensuelle par employé : 250 UÉ;
- variation maximale permise du nombre d'employés : 20 %;
- capacité maximale de stockage : 30 000 UÉ;
- pénurie maximale permise : 1 000 UÉ;
- temps supplémentaire maximal permis : 20 %;
- on prévoit avoir un stock en main de 6 000 UÉ au début de l'année.

Michelle a préparé deux plans globaux de production et calculé le coût total associé à chacun :

PLAN A (COÛT TOTAL : 6 458 800 $)

PGP	Initial	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Demande		17 000	19 000	24 000	25 000	32 000	32 000	23 000	27 000	36 000	34 000	37 000	42 000
Production		20 000	20 000	24 000	30 000	30 000	30 000	30 000	30 000	30 000	30 000	36 000	36 000
Stocks	6 000	9 000	10 000	10 000	15 000	13 000	11 000	18 000	21 000	15 000	11 000	10 000	4 000
Employés	115	80	80	96	110	120	120	120	120	120	120	130	130
Embauches			0	16	14	10	0	0	0	0	0	10	0
Mises à pied		35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T. suppl. (en n^{bre} d’employés)		0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	14	14
T. mort (en n^{bre} d’employés)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

PLAN B (COÛT TOTAL : 6 834 400 $)

PGP	Initial	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Demande		17 000	19 000	24 000	25 000	32 000	32 000	23 000	27 000	36 000	34 000	37 000	42 000
Production		26 000	26 000	26 000	28 000	28 000	28 000	28 000	28 000	28 000	30 000	34 000	32 000
Stocks	6 000	15 000	22 000	24 000	27 000	23 000	19 000	24 000	25 000	17 000	13 000	10 000	0
Employés	115	110	104	104	112	112	112	112	112	112	112	116	116
Embauches			0	0	8	0	0	0	0	0	0	4	0
Mises à pied		5	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T. suppl. (en n^{bre} d’employés)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	20	12
T. mort (en n^{bre} d’employés)		6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Comparez les deux plans au regard du respect des objectifs visés et des contraintes en présence, en complétant le tableau ci-dessous. Quel plan choisiriez-vous?

	Plan A	Plan B
Mouvements de main-d’œuvre		
Temps supplémentaire		
Capacité inutilisée		
Pénurie		
Stock de fin		
Espace de stockage		
Coût total		

2. Meubles Ste-Marie inc.

Située en Beauce, Meubles Ste-Marie inc. fabrique des meubles pour toute la maison. Contrairement à plusieurs entreprises qui se consacrent à la fabrication de meubles prêts-à-assembler, Meubles Ste-Marie inc. s'est spécialisée dans les meubles tout assemblés destinés à une clientèle prête à payer un peu plus cher pour s'éviter les tracas de l'assemblage et pour obtenir une finition plus soignée.

Au mois de septembre de chaque année, le directeur général rencontre le directeur d'usine et le directeur des ventes pour faire le point sur les ventes de l'année précédente, analyser les tendances du marché et établir le plan de production de l'année à venir (de janvier à décembre). En vue de la réunion du mois de décembre de cette année, le directeur des ventes a regroupé au tableau 1 les prévisions de la demande pour l'année à venir.

TABLEAU 1 : PRÉVISIONS DE LA DEMANDE POUR L'ANNÉE (EN UNITÉS ÉQUIVALENTES)

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
Prévisions de la demande	15 625	13 670	12 175	11 665	10 035	13 825
	Juillet	**Août**	**Septembre**	**Octobre**	**Novembre**	**Décembre**
	20 775	19 380	14 075	10 138	9 500	11 270

L'entreprise fonctionne actuellement cinq jours par semaine, du lundi au vendredi. Les 196 employés actuels travaillent de 8 h 30 à 17 h, avec une pause d'une heure pour dîner et deux pauses de 15 minutes, respectivement à 10 h et à 14 h 30. Un employé travaille donc en moyenne 140 heures par mois et reçoit un salaire horaire de 18,50 $. Le comptable a récemment évalué qu'un employé produit mensuellement l'équivalent de 80 unités équivalentes.

L'embauche d'un nouvel employé entraîne des coûts de recrutement et de formation évalués à 1 600 $. Par ailleurs, en raison des impacts négatifs que la mise à pied d'un employé peut avoir sur l'image de l'entreprise et la motivation des employés restants, on évalue son coût à 1 950 $.

Lorsque les employés font des heures supplémentaires, leur salaire horaire est majoré de 50 %. Afin d'éviter la fatigue excessive de ses employés, l'entreprise a cependant pour politique de limiter à 20 % des heures régulières le nombre maximal d'heures supplémentaires pouvant être faites chaque mois. En outre, pour maintenir une certaine stabilité et assurer le maintien du savoir-faire, l'entreprise limite à 10 % les variations du nombre d'employés d'un mois à l'autre.

Le stock prévu au 31 décembre devrait représenter 1 240 unités équivalentes, et l'on voudrait qu'à la fin de la prochaine année, le stock n'excède pas 1 000 unités équivalentes. Les coûts de stockage et de pénurie sont respectivement de 14 $ et 130 $ par unité équivalente par mois. L'entrepôt ne peut contenir plus de 2 400 unités équivalentes à la fois.

Le responsable de la planification suggère pour la prochaine année trois plans globaux différents, soit les plans A, B et C. Pour chacun d'eux :

2.1 Identifiez le type de stratégie auquel le plan correspond.

2.2 Discutez de ses avantages et de ses inconvénients au regard des objectifs poursuivis par l'organisation et des contraintes en présence.

Plan A

PGP	Initial	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Final
Demande		15 625	13 670	12 175	11 665	10 035	13 825	20 775	19 380	14 075	10 138	9 500	11 270	
Production		14 385	13 670	12 175	11 665	10 035	13 825	20 775	19 380	14 075	10 138	9 500	11 270	
Stocks	1 240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Employés	196	180	171	153	146	126	173	260	243	176	127	119	141	
Embauches		0	0	0	0	0	47	87	0	0	0	0	22	
Mises à pied		16	9	18	7	20	0	0	17	67	49	8	0	
T. suppl. (en n^bre^ d'employés)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T. mort (en n^bre^ d'employés)		0,1875	0,125	0,8125	0,1875	0,5625	0,1875	0,3125	0,75	0,0625	0,275	0,25	0,125	
COÛTS (en $)														
Stockage		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pénurie		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Embauche		0	0	0	0	0	75 200	139 200	0	0	0	0	35 200	249 600
Mises à pied		31 200	17 550	35 100	13 650	39 000	0	0	33 150	130 650	95 550	15 600	0	411 450
Temps régulier		466 200	442 890	396 270	378 140	326 340	448 070	673 400	629 370	455 840	328 930	308 210	365 190	5 218 850
Temps supplémentaire		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		497 400	460 440	431 370	391 790	365 340	523 270	812 600	662 520	586 490	424 480	323 810	400 390	5 879 900

Plan B

PGP	Initial	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Final
Demande		15 625	13 670	12 175	11 665	10 035	13 825	20 775	19 380	14 075	10 138	9 500	11 270	
Production		14 400	13 680	12 400	11 600	12 240	13 824	17 600	19 392	14 856	12 480	9 550	9 871	
Stocks	1 240	15	25	250	185	2 390	2 389	-786	-774	7	2 349	2 399	1 000	1 000
Employés	196	180	171	155	145	153	168	184	202	182	164	148	134	
Embauches		0	0	0	0	8	15	16	18	0	0	0	0	
Mises à pied		16	9	16	10	0	0	0	0	20	18	16	14	
T. suppl. (en n^bre^ d'employés)							5	36	40	4				
T. mort (en n^bre^ d'employés)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	28 625	10 613	
COÛTS (en $)														
Stockage		210	350	3 500	2 590	33 460	33 446	0	0	98	32 886	33 586	14 000	154 126
Pénurie		0	0	0	0	0	0	102 180	100 620	0	0	0	0	202 800
Embauches		0	0	0	0	12 800	24 000	25 600	28 800	0	0	0	0	91 200
Mises à pied		31 200	17 550	31 200	19 500	0	0	0	0	39 000	35 100	31 200	27 300	232 050
Temps régulier		466 200	442 890	401 450	375 550	396 270	435 120	476 560	523 180	471 380	424 760	383 320	347 060	5 143 740
Temps supplémentaire		0	0	0	0	0	18 648	139 860	156 954	14 375	0	0	0	329 837
Total		497 610	460 790	436 150	397 640	442 530	511 214	744 200	809 554	524 853	492 746	448 106	388 360	6 153 753

Plan C

PGP	Initial	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Final
Demande		15 625	13 670	12 175	11 665	10 035	13 825	20 775	19 380	14 075	10 138	9 500	11 270	
Production		13 408	13 408	13 408	13 408	13 408	13 408	13 408	13 408	13 408	13 408	13 408	13 408	
Stocks	1 240	-977	-1 239	-6	1 737	5 110	4 693	-2 674	-8 646	-9 313	-6 043	-2 135	3	
Employés	196	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	
Embauches		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mises à pied		28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T. suppl. (en n^{bre} d'employés)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T. mort (en n^{bre} d'employés)		0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	
COÛTS (en $)														
Stockage		0	0	0	24 318	71 540	65 702	0	0	0	0	0	42	161 602
Pénurie		127 010	161 070	780	0	0	0	347 620	1 123 980	1 210 690	785 590	277 550	0	4 034 290
Embauches		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mises à pied		54 600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54 600
Temps régulier		435 120	435 120	435 120	435 120	435 120	435 120	435 120	435 120	435 120	435 120	435 120	435 120	5 221 440
Temps supplémentaire		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		616 730	596 190	435 900	459 438	506 660	500 822	782 740	1 559 100	1 645 810	1 220 710	712 670	435 162	9 471 932

3. Roulex inc.

Roulex inc. est une petite entreprise fabriquant des véhicules tout terrain. L'usine de production de Sainte-Agathe-des-Monts emploie présentement 51 employés permanents sur ses lignes d'assemblage. Deux modèles de véhicules y sont fabriqués : le « Trois roues Junior » (une unité équivalente) et le « Quatre roues Pro » (deux unités équivalentes). Le directeur de production de Roulex, Karl Therrien, hésite entre une stratégie de production nivelée et une stratégie de production synchrone. Il vous demande maintenant votre aide pour bâtir ces deux plans. À cette fin, il vous fournit l'information suivante :

Demande et production

Pour les mois de mai à octobre, la demande prévue par le Service du marketing est la suivante :

	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
Trois roues Junior	200	250	300	200	100	50
Quatre roues Pro	150	225	250	200	250	225

Main-d'œuvre

Un employé produit en moyenne 10 unités équivalentes par mois et le salaire mensuel des employés est de 3 600 $. De plus, si les employés de l'usine travaillent en surtemps, ils seront payés 1,5 fois le coût du temps régulier. Le coût d'embauche d'un employé est de 3 000 $ et le coût de mise à pied est de 2 000 $.

Stocks

Il y aura à la fin du mois d'avril 200 unités équivalentes en stock, et le stock désiré à la fin du mois d'octobre est de 100 unités équivalentes. Les coûts de pénurie sont de 580 $ par unité équivalente livrée en retard, et les coûts de stockage sont de 100 $ par unité équivalente par mois.

Politiques et contraintes

- La capacité maximale de stockage est de 450 unités équivalentes;
- Les variations de main-d'œuvre sont permises mais ne doivent pas dépasser 25 % par mois;
- Les heures supplémentaires sont permises mais ne doivent pas dépasser 20 % des heures normales de travail sur une base mensuelle;
- Les pénuries ne sont pas souhaitées par les dirigeants, mais on peut les accepter si elles ne dépassent pas 50 unités équivalentes et ne surviennent pas pendant deux mois consécutifs.

3.1 Préparez à la place de Karl Therrien les plans de production correspondant à une stratégie nivelée et à une stratégie synchrone pour les mois de mai à octobre, en utilisant les tableaux ci-dessous.

Plan de production – Stratégie nivelée

PGP	Initial	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.
Demande							
Production							
Stock projeté							
Nombre d'employés							
Embauche							
Mise à pied							
Temps supplémentaire							
Temps mort							

COÛTS	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Total
Stockage							
Pénurie							
Embauche							
Mise à pied							
Temps régulier							
Temps supplémentaire							
Total							

PLAN DE PRODUCTION – STRATÉGIE SYNCHRONE

PGP	Initial	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.
Demande							
Production							
Stock projeté							
Nombre d'employés							
Embauche							
Mise à pied							
Temps supplémentaire							
Temps mort							

COÛTS	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Total
Stockage							
Pénurie							
Embauches							
Mises à pied							
Temps régulier							
Temps supplémentaire							
Total							

3.2 À l'aide des données précédentes, répondez aux questions suivantes :

3.2.1 À quel moment sera-t-il préférable pour Roulex de produire en temps supplémentaire plutôt que de produire en temps régulier et de stocker?

3.2.2 Combien de mois à l'avance serait-il préférable de stocker une unité afin d'en éviter la pénurie?

3.2.3 Si l'entreprise désire augmenter sa capacité pour les trois prochains mois et ainsi fabriquer 30 unités équivalentes supplémentaires (soit 10 par mois), devrait-elle embaucher un ouvrier pour ensuite le mettre à pied ou devrait-elle plutôt produire ces unités en temps supplémentaire?

4. L'entreprise Hero

L'entreprise Hero fabrique des figurines inspirées de dessins animés populaires. Sa demande est saisonnière, la majorité des ventes ayant lieu vers la fin de l'année.

Un travailleur peut produire 100 caisses de figurines par mois en temps régulier. Les coûts de production sont détaillés ci-dessous :

Coûts de production	
Temps régulier	20 $ par caisse
Temps supplémentaire	30 $ par caisse
Entreposage	1 $ par caisse par mois
Pénurie	6 $ par caisse
Embauche	750 $ par employé
Mise à pied	500 $ par employé

Le directeur des opérations a développé le plan global suivant pour la prochaine année :

Mois	Demande	Production	Stock	Employés	Embauche	Mise à pied	Temps supplémentaire
Janvier	1 000	1 000	0	10			
Février	400	400	0	4		6	
Mars	400	400	0	4			
Avril	400	400	0	4			
Mai	400	400	0	4			
Juin	400	400	0	4			
Juillet	500	500	0	4			
Août	500	500	0	4			
Septembre	1 000	2 000	1 000	15	11		
Octobre	1 500	2 000	1 500	15			
Novembre	2 500	2 000	1 000	15			
Décembre	3 000	2 000	0	15			

Note : La demande et la production sont exprimées en caisses.

4.1 Calculez le nombre d'heures supplémentaires qui doivent être effectuées à chaque mois pour réaliser ce plan.

4.2 Ce plan correspond à quelle stratégie de production?

4.3 Bien que les entreprises manufacturières utilisent régulièrement le temps supplémentaire pour augmenter leur capacité, on impose souvent une limite à son utilisation. Quels sont les avantages et les inconvénients de l'utilisation du temps supplémentaire, par opposition à l'embauche ou à la sous-traitance?

Problèmes non résolus

1. La Compagnie Électroflux

Électroflux fabrique des ampoules fluocompactes et des néons destinés au marché institutionnel (hôpitaux, écoles, etc.). Pour l'année qui débute, la demande prévue par le Service du marketing est la suivante (remarque : la demande est fournie en caisses de 100 unités) :

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
Ampoules	10 000	9 000	8 000	7 000	10 000	13 000
Néons	3 000	2 500	2 000	1 500	2 500	4 500
	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Ampoules	17 000	16 000	20 000	22 000	18 000	14 000
Néons	4 000	4 500	5 000	4 000	3 500	4 000

On dispose aussi des informations suivantes :

- Une caisse de 100 néons vaut deux unités équivalentes et une caisse de 100 ampoules fluocompactes vaut une unité équivalente;
- Main-d'œuvre (temps régulier) : 3 000 $ par employé par mois;
- Main-d'œuvre (surtemps) : 1,5 fois le coût du temps régulier;
- Embauche : 2 400 $ par employé embauché;
- Mise à pied : 3 200 $ par employé mis à pied;
- Stockage : 4 $ par caisse par mois;
- Pénurie (reportée) : 12 $ par caisse;
- Stock de produits finis en début d'année : 2 000 unités équivalentes;
- Stock désiré en fin d'année : 4 400 unités équivalentes;
- Capacité maximale de stockage : 40 000 unités équivalentes;
- Effectif ouvrier actuel : 180 personnes;
- Variations de l'effectif permises : maximum 30 %, au plus quatre fois par année;
- Taux de production en temps régulier : 100 unités équivalentes par employé par mois;
- Heures supplémentaires permises : elles ne doivent pas dépasser 20 % des heures normales de travail sur une base mensuelle;
- Pénuries : les dirigeants souhaitent ne pas avoir de pénurie, mais on peut les tolérer si elles ne dépassent pas 2 000 unités et ne surviennent pas pendant deux mois consécutifs;
- Capacité de production : elle dépend exclusivement de la main-d'œuvre.

1.1 Identifiez le type de stratégie utilisé pour l'élaboration de chacun des plans A, B et C présentés ci-dessous.

PLAN A

PGP	Initial	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Final
Demande		16 000	14 000	12 000	10 000	15 000	22 000	25 000	25 000	30 000	30 000	25 000	22 000	
Production		20 700	20 700	20 700	20 700	20 700	20 700	20 700	20 700	20 700	20 700	20 700	20 700	
Stocks	2 000	6 700	13 400	22 100	32 800	38 500	37 200	32 900	28 600	19 300	10 000	5 700	4 400	4 400
Employés	180	207	207	207	207	207	207	207	207	207	207	207	207	
Embauches		27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mises à pied		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T. suppl. (en nbre d'employés)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T. mort (en nbre d'employés)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

COÛTS (en $)													
Stockage	26 800	53 600	88 400	131 200	154 000	148 800	131 600	114 400	77 200	40 000	22 800	17 600	1 006 400
Pénurie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Embauches	64 800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64 800
Mises à pied	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Temps régulier	621 000	621 000	621 000	621 000	621 000	621 000	621 000	621 000	621 000	621 000	621 000	621 000	7 452 000
Temps supplémentaire	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	712 600	674 600	709 400	752 200	775 000	769 800	752 600	735 400	698 200	661 000	643 800	638 600	8 523 200

PLAN B

PGP	Initial	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Final
Demande		16 000	14 000	12 000	10 000	15 000	22 000	25 000	25 000	30 000	30 000	25 000	22 000	
Production		14 000	14 000	12 000	10 000	15 000	22 000	25 000	25 000	30 000	30 000	25 000	26 400	
Stocks	2 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4 400	4 400
Employés	180	140	140	140	140	150	195	250	250	250	250	250	250	
Embauches		0	0	0	0	10	45	55	0	0	0	0	0	
Mises à pied		40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T. suppl. (en nbre d'employés)		0	0	0	0	0	25	0	0	50	50	0	14	
T. mort (en nbre d'employés)		0	0	20	40	0	0	0	0	0	0	0	0	

COÛTS (en $)													
Stockage	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17 600	17 600
Pénurie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Embauches	0	0	0	0	24 000	108 000	132 000	0	0	0	0	0	264 000
Mises à pied	128 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	128 000
Temps régulier	420 000	420 000	420 000	420 000	450 000	585 000	750 000	750 000	750 000	750 000	750 000	750 000	7 215 000
Temps supplémentaire	0	0	0	0	0	112 500	0	0	225 000	225 000	0	63 000	625 500
Total	548 000	420 000	420 000	420 000	474 000	805 500	882 000	750 000	975 000	975 000	750 000	830 600	8 250 100

PLAN C

PGP	Initial	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Final
Demande		16 000	14 000	12 000	10 000	15 000	22 000	25 000	25 000	30 000	30 000	25 000	22 000	
Production		14 000	14 000	14 000	14 000	14 100	18 300	23 700	26 400	28 500	28 600	26 400	26 400	
Stocks	2 000	0	0	2 000	6 000	5 100	1 400	100	1 500	0	-1 400	0	4 400	4 400
Employés	180	140	140	140	140	141	183	237	264	264	264	264	264	
Embauches		0	0	0	0	1	42	54	27	0	0	0	0	
Mises à pied		40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T. suppl. (en n^bre d'employés)		0	0	0	0	0	0	0	0	21	22	0	0	
T. mort (en n^bre d'employés)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

COÛTS (en $)												
Stockage	0	0	8 000	24 000	20 400	5 600	400	6 000	0	0	0	17 600	82 000
Pénurie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16 800	0	0	16 800
Embauches	0	0	0	0	2 400	100 800	129 600	64 800	0	0	0	0	297 600
Mises à pied	128 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	128 000
Temps régulier	420 000	420 000	420 000	420 000	423 000	549 000	711 000	792 000	792 000	792 000	792 000	792 000	7 323 000
Temps supplémentaire	0	0	0	0	0	0	0	0	94 500	99 000	0	0	193 500
Total	548 000	420 000	428 000	444 000	445 800	655 400	841 000	862 800	886 500	907 800	792 000	809 600	8 040 900

1.2 Comparez les trois plans au regard du respect des objectifs visés et des contraintes en présence en complétant le tableau ci-dessous. Quel plan choisiriez-vous?

	Plan A	Plan B	Plan C
Mouvements de main-d'œuvre			
Temps supplémentaire			
Capacité inutilisée			
Pénurie			
Stock de fin			
Espace de stockage			
Coût total			

1.3 Quel est le seuil de préférence entre le temps supplémentaire et le stockage? Quel est le seuil de préférence entre le stockage et la pénurie?

1.4 Si Électroflux désire augmenter sa capacité totale de 20 % par mois pendant les cinq prochains mois, devrait-elle le faire en ayant recours au temps supplémentaire ou en embauchant de nouveaux employés pour une période de cinq mois? Calculez le coût des deux options et ajoutez tout autre élément à considérer avant de prendre une décision.

2. L'homme araignée inc.

L'entreprise L'homme araignée inc. fabrique des harnais de sécurité pour les employés qui doivent travailler en hauteur (émondeurs, laveurs de vitres, techniciens du téléphone…). Le directeur de la planification, Peter Parker, doit préparer le plan global de production pour la prochaine année. Voici les informations dont il dispose :

	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Ventes prévues	1 200	1 200	1 200	1 200	1 480	1 480	1 480	1 480	1 200	1 200	1 200	1 200

COÛTS LIÉS À LA PRODUCTION :

- Coût d'embauche : 2 200 $/employé;
- Coût de mise à pied : 3 800 $/employé;
- Coût mensuel de la main-d'œuvre en temps régulier : 2 800 $/employé;
- Prime pour le temps supplémentaire : 50 % du coût du temps régulier.

M. Parker a préparé deux plans de production :

PLAN A

PGP	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Prévisions	1 200	1 200	1 200	1 200	1 480	1 480	1 480	1 480	1 200	1 200	1 200	1 200
Production	1 200	1 200	1 200	1 200	1 480	1 480	1 480	1 480	1 200	1 200	1 200	1 200
Employés (en temps régulier)	30	30	30	30	37	37	37	37	30	30	30	30
Temps supplémentaire (en n^bre d'employés)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

PLAN B

PGP	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Prévisions	1 200	1 200	1 200	1 200	1 480	1 480	1 480	1 480	1 200	1 200	1 200	1 200
Production	1 200	1 200	1 200	1 200	1 480	1 480	1 480	1 480	1 200	1 200	1 200	1 200
Employés (en temps régulier)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Temps supplémentaire (en n^bre d'employés)	0	0	0	0	7	7	7	7	0	0	0	0

Note : selon les deux plans, les employés travaillent à pleine capacité au mois de janvier et aucune heure supplémentaire n'est nécessaire pour ce mois.

2.1 Identifiez le type de stratégie utilisé dans chacun des deux plans et ce qui le caractérise.

2.2 En ne considérant que les coûts qui vous sont fournis, faites l'analyse du seuil de préférence et, en fonction de ce calcul, déterminez lequel des deux plans est le moins cher.

3. Les petits électroménagers

Une entreprise canadienne bien connue fabrique de petits appareils électroménagers. Les prévisions globales de ventes (en unités équivalentes) pour la prochaine année sont :

	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Ventes prévues	10 000	8 000	13 000	26 000	32 000	34 000	17 000	24 000	38 000	40 000	20 000	16 000

Le stock en début d'année sera de 2 000 unités équivalentes et on ne veut pas avoir de stock en fin d'année. Un employé produit 250 unités équivalentes par mois

3.1 Établissez le plan de production correspondant à une stratégie nivelée

PGP	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Demande	10 000	8 000	13 000	26 000	32 000	34 000	17 000	24 000	38 000	40 000	20 000	16 000
Production												
Stocks												
Employés												
Embauches												
Mises à pied												
T. suppl.												
T. mort												

3.2 Établissez le plan de production correspondant à une stratégie synchrone

PGP	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Demande	10 000	8 000	13 000	26 000	32 000	34 000	17 000	24 000	38 000	40 000	20 000	16 000
Production												
Stocks												
Employés												
Embauches												
Mises à pied												
T. suppl.												
T. mort												

3.3 Vous venez d'apprendre que le plan de production doit essayer de répondre au mieux aux contraintes suivantes :

- Limite de stockage : 20 000 UE
- Production maximale par quart de travail en temps régulier : 27 000 UE, ou 108 employés
- Temps supplémentaire : maximum de 20 % du temps régulier
- Plancher d'emploi : 70 employés à temps complet
- Embauche pour un minimum de trois mois
- Pas de pénuries

Proposez un plan de production modéré en essayant de vous ajuster à ces contraintes.

PGP	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Demande	10 000	8 000	13 000	26 000	32 000	34 000	17 000	24 000	38 000	40 000	20 000	16 000
Production												
Stocks												
Employés												
Embauches												
Mises à pied												
T. suppl.												
T. mort												

3.4 Vous voulez maintenant considérer les coûts liés aux trois plans que vous avez préparés. On vous a fourni les informations suivantes :

- Salaire : 3 200 $ par employé par mois
- Stockage : 0,50 $ par unité par mois
- Embauche : 1 400 $ par embauche
- Mise à pied : 1 600 $ par mise à pied
- Temps supplémentaire : 1,5 fois le salaire régulier
- Pénurie (reportée) : 2 $ par unité

Faites les calculs appropriés, puis comparez les trois plans.

PGP	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Demande	10 000	8 000	13 000	26 000	32 000	34 000	17 000	24 000	38 000	40 000	20 000	16 000
Production												
Stocks												
Coûts de stockage												
Coûts de pénurie												
Employés												
Salaires												
Embauches												
Coûts d’embauche												
Mises à pied												
Coûts de mise à pied												
T. suppl.												
Coût du t. suppl.												
T. mort												

PGP	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Demande	10 000	8 000	13 000	26 000	32 000	34 000	17 000	24 000	38 000	40 000	20 000	16 000
Production												
Stocks												
Coûts de stockage												
Coûts de pénurie												
Employés												
Salaires												
Embauches												
Coûts d’embauche												
Mises à pied												
Coûts de mise à pied												
T. suppl.												
Coût du t. suppl.												
T. mort												

PGP	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Demande	10 000	8 000	13 000	26 000	32 000	34 000	17 000	24 000	38 000	40 000	20 000	16 000
Production												
Stocks												
Coûts de stockage												
Coûts de pénurie												
Employés												
Salaires												
Embauches												
Coûts d'embauche												
Mises à pied												
Coûts de mise à pied												
T. suppl.												
Coût du t. suppl.												
T. mort												



5 La planification détaillée et la planification des besoins matières

Objectifs d'apprentissage

À la fin de ce chapitre, vous devriez être capable :

- d'expliquer ce qu'est la planification détaillée des opérations et sa place dans l'ensemble du processus de planification;
- d'établir un plan directeur de production (PDP) qui réponde le mieux possible aux prévisions de demande tout en respectant les limites de capacité;
- de calculer les stocks projetés et les stocks disponibles à la vente et d'expliquer la différence entre ces deux notions;
- d'utiliser le plan directeur pour transmettre au Service des ventes les informations relatives à la disponibilité des produits;
- d'expliquer ce qu'est la planification des besoins matières et sa place dans l'ensemble du processus de planification;
- d'expliquer la différence et les liens possibles entre la planification des besoins matières et les modèles de gestion des stocks en contexte de demande indépendante;
- de lire une structure de produit et d'en déduire les grandes étapes de fabrication et d'assemblage du produit;
- d'expliquer la notion de jalonnement en amont et de calculer l'horizon minimum de planification nécessaire à la réalisation du produit fini;
- d'établir un plan des besoins matières (PBM) pour l'ensemble des composants à demande dépendante constituant le produit fini, et ce, en respectant la nomenclature, les différents délais et les politiques de lotissement.

5.1 La planification détaillée et la planification des besoins matières dans le processus de planification

Comme son nom l'indique, la planification détaillée est plus développée que la planification globale de la production vue au chapitre précédent : elle consiste à déterminer, pour chacun des produits, les quantités à fabriquer à chaque semaine pour respecter les prévisions de demande tout en tenant compte de la capacité disponible, telle qu'établie au plan global de production (PGP). Alors que la planification globale agrégeait tous les produits et était faite en unités équivalentes et environ un an à l'avance, la planification détaillée est faite environ trois mois à l'avance et de manière distincte pour chacun des produits de l'entreprise. Le plan directeur de production (PDP) qui résulte de planification détaillée sert ensuite de point de départ pour la planification des besoins matières. À cette étape, on calcule les quantités de composants, de pièces et de matières premières qui sont requises pour fabriquer ou assembler les quantités prévues de chacun des produits finis, et ce, à toutes les semaines[10]. La figure 5.1 illustre le lien entre les trois niveaux de planification à partir de l'exemple de l'entreprise Canada-Aviation, déjà vu à la section 4.6.

Figure 5.1 **La progression de la démarche de la planification, du plan global au plan directeur au plan des besoins matières[11]**

Plan global de production (PGP)

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
Production globale (unités équivalentes)	2 300	2 500	2 500	2 700	2 300	2 300

Plan directeur de production (PDP)

Semaine du	6 mars	13 mars	20 mars	27 mars	3 avril	10 avril	17 avril	24 avril
Lancement planifié du modèle biréacteur (en unités réelles, 1 UR = 2 UÉ)	150	225	300	200	0	325	150	305
Lancement planifié du modèle triréacteur (en unités réelles, 1 UR = 3 UÉ)	100	50	25	75	200	0	100	80

Plan des besoins matières (PBM)

Semaine du	6 mars	13 mars	20 mars	27 mars	3 avril	10 avril	17 avril	24 avril
Moteur # Z3482		25	75					
Ailes # 193	50	150						
Hélice # 6571	25	75						

[10] Pour simplifier les choses, tant le plan directeur de production que le plan des besoins matières sont présentés dans ce manuel en utilisant des intervalles de temps fixes d'une semaine. Toutefois, dans la plupart des organisations, ces plans sont réalisés sur une base quotidienne.

[11] Adapté de Nollet, J., J. Kélada et M. Diorio, M. (1986). *La gestion des opérations et de la production – une approche systémique*. Montréal : Gaëtan Morin, 896 pages.

Au moment d'établir le plan directeur de production, le planificateur doit décider quels produits seront lancés en production à chaque semaine, de manière à répondre au mieux à la demande prévue et, le cas échéant, aux commandes déjà reçues des clients. Il doit aussi chercher à utiliser la capacité de production disponible et, dans certains cas, à réduire les changements de produits pour limiter le nombre de mises en route. Il devra donc faire un arbitrage entre, d'un côté, le désir de satisfaire la demande prévue et, d'un autre côté, le besoin d'utiliser au mieux les ressources de production pour réduire les coûts. Le tableau 5.1 présente les principales différences entre le PGP et le PDP.

Tableau 5.1 **Les principales différences entre le PGP et le PDP**

Différences	Plan global de production	Plan directeur de production
Objectif principal	Choisir entre différentes stratégies permettant de faire face aux variations de la demande globale	Décider des dates et des quantités de produits à lancer en production dans les prochaines semaines
Unité de produit	Unité équivalente	Unité réelle de produit fini
Horizon	De 12 à 24 mois	Environ 3 mois
Échelonnement des activités	Intervalles d'un mois	Intervalles d'une semaine
Niveau de détail	Un seul plan qui englobe tous les produits	Un plan par produit

De son côté, la planification des besoins matières (PBM, souvent désignée par l'acronyme MRP, pour *material requirements planning*) consiste à calculer les quantités de composants, de pièces ou de matières premières qui devront être fabriqués, assemblés ou achetés, de même que le moment où il faudra le faire. Il s'agit donc ici, tel qu'on l'a vu dans le chapitre sur la gestion des stocks, de déterminer de combien d'unités on a besoin et à quel moment il faut lancer la commande d'achat ou de fabrication. Toutefois, alors qu'en gestion des stocks, on traitait du réapprovisionnement des produits à demande indépendante (c'est-à-dire, les produits finis fabriqués ou consommés par l'organisation), le PBM ne s'applique qu'aux produits à demande dépendante, c'est-à-dire les articles (composants, pièces ou matières premières) qui sont utilisés dans l'assemblage ou la production des biens fabriqués par l'entreprise. Pour ces articles, on n'a pas besoin de prévoir la demande : on peut la calculer directement à partir du programme de fabrication déterminé à l'étape de la planification détaillée (qui, elle, utilise les prévisions de demande pour les produits finis vendus par l'entreprise) et de la liste des articles requis pour la fabrication de chacun de ces produits.

5.2 En quoi la planification détaillée et la planification des besoins matières sont-elles importantes pour moi?

Si je travaille en :

- **marketing et gestion des ventes**, je devrai tenir compte du plan directeur de production et des stocks disponibles à la vente avant de prendre des engagements de livraison auprès des clients. Il me faudra connaître et comprendre l'origine de l'horizon minimum de planification des produits pour être en mesure de ne pas faire de promesses de livraison qu'il serait impossible de respecter. En retour, l'exactitude des prévisions que je ferai et la rapidité avec laquelle je transmettrai les informations sur les commandes reçues auront une influence déterminante sur la préparation du plan directeur de production;

- **finance ou en comptabilité**, j'aurai à fournir les informations financières qui interviennent dans la planification des besoins matières. En retour, j'aurai à équilibrer les flux de trésorerie générés par les achats nécessaires à la production;

- **gestion des ressources humaines**, j'aurai à évaluer les implications du plan directeur de production sur les besoins en main-d'œuvre;

- **gestion des systèmes d'information de gestion**, je devrai développer et maintenir les bases de données et les systèmes informatiques qui sont utilisés pour faire la planification. Je devrai aussi m'assurer que les systèmes sont régulièrement mis à jour pour refléter les changements apportés dans la composition des produits finis;

- **gestion des opérations et de la logistique**, j'aurai moi-même à préparer ces plans et à coordonner les flux de matières, de composants et de produits finis qu'ils vont engendrer.

5.3 Les principes-clés de la planification détaillée de la production

Les informations requises

Dans les entreprises qui fabriquent plusieurs produits et qui doivent répartir la capacité de production disponible entre ces différents produits, la planification détaillée est une étape cruciale puisque c'est à ce moment que l'on va décider, très concrètement, quels produits seront fabriqués dans les prochaines semaines et en quelles quantités. Pour prendre ces décisions, le planificateur devra prendre en compte les informations suivantes :

- Combien reste-t-il en stock de chacun des produits?

- Quelle est la demande prévue pour chaque produit?

- A-t-on déjà, pour certains produits, reçu des commandes fermes avec des échéances de livraison déterminées?
- Peut-on fabriquer strictement ce dont on aura besoin ou y a-t-il des tailles de lots à respecter?
- Quel est le délai de fabrication des produits finis?
- Quelle est la capacité totale dont on dispose pour fabriquer tous ces produits?

Le travail de planification requiert donc d'avoir en main les informations les plus exactes possible, tant sur l'état des stocks que sur les ventes prévues et déjà confirmées. La présence d'un bon système d'information de gestion est donc essentielle, mais l'exactitude des données dépend avant tout de la vigilance des employés qui doivent les tenir à jour, qu'il s'agisse d'enregistrer les ventes au fur et à mesure qu'elles se réalisent ou de saisir correctement toutes les informations relatives aux mouvements de stocks. Il faut aussi avoir prédéterminé les tailles de lots à produire, comme on le verra maintenant.

Le lotissement

En plus de la demande (les quantités dont on a besoin), plusieurs facteurs doivent être pris en compte lorsqu'on détermine les quantités à fabriquer, à assembler ou à acheter. Certains de ces facteurs ont déjà été vus dans le chapitre sur la gestion des stocks : les coûts fixes liés à la passation d'une commande (frais administratifs divers et frais fixes de transport), les coûts de la mise en route nécessaire au lancement d'une production, de même que les coûts de stockage. On peut y ajouter d'autres facteurs, tels que les contraintes techniques liées à la fabrication ou encore les contraintes imposées par les fournisseurs. Tous ces éléments conduisent les gestionnaires des opérations à établir des politiques de lotissement, c'est-à-dire à déterminer des tailles de lots à respecter pour chacun des articles fabriqués ou achetés.

Les tailles de lots les plus communes sont :

- *Lot pour lot (L × L)* : On fabrique ou l'on achète exactement la quantité requise. On évite ainsi les coûts de stockage mais on ne tient pas compte des coûts de commande ou de mise en route. Cette politique de lotissement convient bien aux produits utilisés de façon occasionnelle et à ceux pour lesquels les coûts fixes de commande ou de mise en route sont négligeables par rapport aux coûts d'entreposage;
- *Lot de taille fixe « X »* : La quantité fabriquée ou achetée est *X* ou un multiple de *X*. Cette politique de lotissement est le plus souvent imposée soit par les fournisseurs (dans le cas des produits qui sont vendus en quantité fixe, par exemple à la caisse, à la douzaine, à la palette, etc.), soit par un procédé de fabrication qui requiert de suivre une recette produisant une quantité fixe (par exemple la production d'un lot de biscuits ou de comprimés d'antibiotiques);

- *Lot de taille minimale « X »* : La quantité fabriquée ou achetée est au minimum *X*; si le besoin net est supérieur à *X*, on commande exactement la quantité requise. Cette politique provient souvent du désir d'absorber les coûts de mise en route ou de commande sur un minimum d'unités. Elle peut aussi venir d'une contrainte technique qui impose un minimum de quantité fabriquée (par exemple un mélangeur industriel qui doit contenir au moins la quantité qui permet de recouvrir les lames), d'un fournisseur qui impose une taille de commande minimale, ou encore lorsque le coût d'achat d'un article peut être diminué par un rabais sur quantité, à condition d'acheter une quantité minimum;
- *Période fixe (« X » périodes)* : La quantité fabriquée ou achetée est celle qui permet de combler les besoins d'un nombre *X* de périodes. Certaines entreprises utilisent la période économique de commande de manière à obtenir les avantages liés au calcul du lot économique (voir le chapitre 3) tout en tenant compte des variations dans les prévisions de demande. En commandant pour plusieurs périodes, on évite de multiplier les commandes tout en sachant que les unités commandées seront utilisées bientôt.

L'analyse sommaire de la capacité

Dans les usines comme dans la vie de tous les jours, on ne peut pas tout faire en même temps. Chaque atelier de fabrication et chaque chaîne d'assemblage dispose d'une capacité fixe, limitée par les équipements utilisés, le nombre d'employés et les heures travaillées à certains postes dits « critiques ». Lors de la conception du système opérationnel et au moment de la planification globale, des décisions à cet effet ont été prises, qui contraignent maintenant la capacité disponible. Lorsqu'il prépare le PDP, le planificateur doit donc calculer la capacité requise pour la fabrication des différents produits, et s'assurer de ne pas dépasser la limite.

Les deux utilisations du plan directeur de production

La planification détaillée a d'abord pour objectif de déterminer, à un moment précis dans le temps, les quantités de chacun des produits qu'il faudra lancer en production dans un certain nombre de semaines à venir; c'est ce qu'on fera dans la prochaine section. Toutefois, une fois que le PDP est finalisé et a permis de calculer le plan des besoins matières, les informations sur les commandes reçues continuent d'y être ajoutées quotidiennement et permettent au Service des ventes de toujours connaître les quantités disponibles. C'est pourquoi, comme on le verra, on retrouve au PDP deux informations différentes concernant l'état des stocks : le stock projeté et le stock disponible à la vente. La première information est liée à l'usage du PDP comme outil de planification, alors que la seconde est liée à l'usage du PDP comme outil de suivi et de transmission des informations.

5.4 Élaborer le plan directeur de production

L'élaboration du PDP requiert l'utilisation d'une grille appropriée qui se présente ainsi :

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	UÉ	Délai				
Période *(chaque colonne représente une période, normalement d'une semaine)*	1	2	3	4	5	6	7	…
Prévisions *(les ventes prévues, en unités réelles de produit)*								
Commandes acceptées *(les commandes fermes déjà reçues des clients)*								
Stock projeté *(le stock qu'on prévoit avoir à la fin de la période)*								
Stock disponible à la vente *(le stock qui est réellement disponible ou qui le deviendra, et que l'on n'a pas encore réservé pour une commande ferme)*								
Réception planifiée *(la quantité de produits dont la production doit être terminée à cette période)*								
Lancement planifié *(la quantité qui doit être lancée en production pour être prête à temps pour la réception planifiée)*								

Cette grille doit être remplie en suivant certaines étapes de manière systématique. Pour mieux comprendre ces étapes, reprenons l'exemple de l'entreprise Canada-Aviation, vu à la section 4.6. On se rappellera que l'entreprise fabrique deux produits : le triréacteur (qui vaut trois unités équivalentes) et le biréacteur (qui vaut deux unités équivalentes). L'entreprise a finalement choisi d'adopter une stratégie nivelée et de fixer la capacité hebdomadaire à 600 unités équivalentes (UÉ). On désire maintenant préparer le plan directeur de production des deux produits pour une période de huit semaines, qui doit commencer bientôt.

La première chose à faire est d'avoir en main toute l'information nécessaire : état des stocks, ventes prévues, commandes acceptées, politique de lotissement, nombre d'unités équivalentes que vaut chacun des produits, délai de fabrication du produit fini. On a reporté dans la grille les informations disponibles pour chacun des deux produits :

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	UÉ	Délai
Biréacteur	60	× 70	2	1

Semaine	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Prévisions		120	120	140	145	130	140	160	160
Commandes acceptées		120	110	90	75	50	0	0	0
Stock projeté	60								
Stock disponible à la vente									
Réception planifiée									
Lancement planifié									

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	UÉ	Délai
Triréacteur	40	× 50	3	1

Semaine	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Prévisions		80	80	120	120	100	100	120	120
Commandes acceptées		90	110	75	130	80	70	0	0
Stock projeté	40								
Stock disponible à la vente									
Réception planifiée									
Lancement planifié									

Première étape : préparer un plan préliminaire pour chaque produit

Pour chacun des produits, on détermine quelle quantité il faudrait en recevoir à chacune des périodes. Comme il est normal à ce stade qu'on n'ait pas encore reçu toutes les commandes à venir, on planifie la production de manière à être en mesure de répondre aux prévisions de ventes. Toutefois, si les commandes reçues dépassent déjà les prévisions, on utilise plutôt cette valeur (on utilise donc le plus grand des deux chiffres). Concrètement, cela veut dire qu'à chaque période, on vérifie si le stock projeté à la fin de la période précédente suffit à répondre à la demande : si c'est le cas, aucune réception n'est planifiée pour cette période; sinon, on prévoit recevoir le minimum requis pour répondre à la demande tout en respectant la politique de lotissement. Cette quantité est inscrite à la ligne « réception planifiée » puis reportée à la ligne « lancement planifié » en remontant dans le temps pour tenir compte du délai de fabrication du produit fini. On calcule ensuite le stock projeté à la fin de la période, puis on passe à la période sui-

vante. On procède ainsi, une période à la fois, jusqu'à ce que la production ait été planifiée pour toutes les périodes; on répète ensuite la démarche pour tous les produits. Pour l'instant, il n'est pas nécessaire de calculer le stock disponible à la vente.

Par exemple, dans le cas du biréacteur, on projette d'avoir à la fin de la semaine 4 un stock de 60 unités. Ce stock ne suffira pas à répondre à la demande prévue de 120 unités (il en manquera 60) à la semaine 5. Il faudra donc recevoir un nouveau lot de biréacteurs et, comme la taille de lot doit être un multiple de 70 unités, c'est ce qu'on planifiera. Mais comme il faut une semaine pour fabriquer le produit fini, si l'on veut recevoir ces 70 unités à la semaine 5, il faudra les lancer en production à la semaine 4. À la fin de la semaine 5, il devrait donc rester en stock 10 unités (soit les 60 unités qu'on avait au départ, plus les 70 unités qu'on recevra, moins les 120 unités qu'on prévoit vendre). On passe alors à la semaine suivante : à la semaine 6, on prévoit vendre encore 120 unités et il n'y en aura que 10 en stock. Il en manquera donc 110, ce qui implique qu'il faut planifier la réception de deux lots de 70 unités (qui seront lancés en production à la semaine 5), et il restera 30 unités en stock à la fin de la semaine (soit 140 + 10 − 120). Ces 30 unités ne suffiront pas pour atteindre les prévisions de la semaine 7, et il faut planifier la réception d'un autre lot de 140 unités (à lancer à la semaine 6); il restera donc encore 30 unités en stock (soit 140 + 30 − 140). On continue ainsi jusqu'à la fin des huit semaines à planifier, ce qui permet d'obtenir le plan préliminaire suivant :

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	UÉ	Délai					
Biréacteur	60	× 70	2	1					
Semaine	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Prévisions		120	120	140	145	130	140	160	160
Commandes acceptées		120	110	90	75	50	0	0	0
Stock projeté	60	**10**	**30**	**30**	**25**	**35**	**35**	**15**	**65**
Stock disponible à la vente									
Réception planifiée		**70**	**140**	**140**	**140**	**140**	**140**	**140**	**210**
Lancement planifié	**70**	**140**	**140**	**140**	**140**	**140**	**140**	**210**	

On procède ensuite de la même manière pour le triréacteur (voir la page suivante). On remarque toutefois ici qu'aux semaines 5, 6 et 8, les commandes reçues dépassent déjà les prévisions. Lorsque cela se produit, on planifie la production en fonction des ventes réelles et non des ventes prévues, et l'on se sert aussi des commandes acceptées pour calculer le stock projeté à la fin de la période. Par exemple, à la semaine 5, le stock au départ (40 unités) ne permettra pas de remplir les commandes acceptées (90 unités); on planifie donc la réception d'un lot (ici, ce doit être un multiple de 50 unités), et il ne restera rien en stock à la fin de la semaine (soit 50 + 40 − 90 = 0). À la semaine 6, il faudra pouvoir livrer les 110 unités déjà commandées par des clients, mais il ne restera rien en stock. On planifie donc la réception de trois lots de 50 unités, qui seront lancés en production à la semaine 5 (puisque le délai est d'une semaine). À la fin de la semaine 6, il restera en stock 40 unités (soit 150 + 0 − 110). À la semaine 7, les commandes acceptées n'ont pas encore dépassé les prévisions, donc on planifie en fonction des ventes prévues (120 unités). On continue ainsi jusqu'à la fin du plan.

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	UÉ	Délai
Triréacteur	40	× 50	3	1

Semaine	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Prévisions		80	80	120	120	100	100	120	120
Commandes acceptées		90	110	75	130	80	70	0	0
Stock projeté	40	**0**	**40**	**20**	**40**	**40**	**40**	**20**	**0**
Stock disponible à la vente									
Réception planifiée		**50**	**150**	**100**	**150**	**100**	**100**	**100**	**100**
Lancement planifié	**50**	**150**	**100**	**150**	**100**	**100**	**100**	**100**	

Deuxième étape : procéder à l'analyse sommaire des capacités

Pour le moment, on a planifié la production de chacun des produits de manière indépendante l'un de l'autre, sans tenir compte de la capacité disponible. On dit donc de ces plans qu'ils sont *préliminaires*. Il faut maintenant vérifier s'il est possible de réaliser simultanément les deux plans prévus. Cependant, pour pouvoir additionner les lancements en production des deux plans, il faut d'abord convertir les unités réelles de produits en unités équivalentes. Pour ce faire, on multiplie la ligne de lancement planifié de chacun des produits par le nombre d'unités équivalentes qui correspond à chaque produit, ce qui permet d'obtenir le tableau suivant :

Analyse sommaire des capacités	4	5	6	7	8	9	10	11	TOTAL
Biréacteur (en UÉ)	140	280	280	280	280	280	280	420	
Triréacteurs (en UÉ)	150	450	300	450	300	300	300	300	
Capacité totale requise (en UÉ)	290	730	580	730	580	580	580	720	4 790
Capacité disponible (en UÉ)	600	600	600	600	600	600	600	600	4 800
Dépassement (en UÉ)	-310	130	-20	130	-20	-20	-20	120	

Puisque la capacité disponible est de 600 UÉ par semaine, les plans préliminaires actuels ne sont pas réalisables tels quels : aux semaines 5, 7 et 11, on excède la capacité disponible. Il faut donc remanier les plans préliminaires pour essayer de répondre le mieux possible à la demande tout en respectant les contraintes.

Troisième étape : remanier les plans préliminaires et établir les plans finaux

Jusqu'à maintenant, la préparation des plans était une opération plutôt mécanique; le remaniement des plans est l'étape du processus pour laquelle l'expérience et le jugement du planificateur sont essentiels. En effet, il faudra réaliser différents arbitrages, par exemple :

- Fabriquer un produit plus tôt que prévu pour profiter de la capacité disponible. Puisque ceci entraîne des stocks plus élevés, on aura tendance à devancer la fabrication des produits dont le coût de stockage est le plus faible[12], mais on peut aussi considérer d'autres facteurs;

[12] En l'absence d'information précise sur les coûts de stockage, on peut se fier au nombre d'unités équivalentes que vaut chacun des produits (plus ce nombre est élevé, plus le produit a un coût de revient élevé; on peut donc présumer que son coût de stockage est aussi plus élevé).

- Évaluer s'il est possible de contrevenir aux politiques de lotissement établies. Il faut donc savoir quelle est la raison de ces politiques (s'agit-il d'une contrainte technique incontournable?) et évaluer combien coûterait le fait de ne pas les respecter (par exemple, faire des mises en route supplémentaires si l'on fait des lots plus petits ou augmenter les stocks si l'on fait des lots plus grands);

- Évaluer dans quelle mesure on veut ou l'on doit utiliser toute la capacité disponible, compte tenu des coûts de stockage mais aussi des décisions stratégiques qui ont été prises lors de la préparation du plan global de production;

- Si l'on se retrouve dans une situation où des pénuries sont inévitables, quels produits seront « sacrifiés »? Il faut considérer l'importance stratégique de chacun des produits et le contexte immédiat. On peut donner priorité aux produits les plus profitables, mais on peut aussi privilégier les produits vedettes qui attirent les clients, ou encore ceux dont les ventes à court terme sont les plus certaines. Dans d'autres cas, on donnera priorité aux produits qui n'ont pas de substituts et pour lesquels une pénurie pourrait avoir des conséquences graves ou être inacceptable aux yeux des clients.

Dans notre exemple, on voit que la capacité disponible est dépassée aux semaines 5, 7 et 11, mais qu'aux autres semaines, elle n'est pas tout utilisée. En fait, si on considère la capacité totale disponible pour les huit semaines (4 800 UÉ), elle devrait théoriquement suffire à atteindre la production totale prévue (4 790 UÉ). À la semaine 4, en particulier, on a un surplus de capacité de 310 unités équivalentes. Cette capacité est suffisante pour devancer à la semaine 4 l'un des lots de biréacteurs prévus à la semaine 7 (valant 140 UÉ) et l'un des lots de triréacteurs prévus à la semaine 5 (valant 150 UÉ)[13]. Toutefois, le problème demeure à la semaine 11 : il ne reste plus, aux semaines précédentes, de surplus de capacité suffisants pour devancer la production d'un des lots de la semaine 11. Pour respecter la limite de capacité de la période 11, il faut accepter d'être en pénurie d'un des deux produits, mais lequel? Cette décision devrait être prise après consultation avec le Service des ventes. Dans le cas présent, on voit que pendant les huit semaines considérées, les ventes du triréacteur dépassent souvent les prévisions; si ce produit connaît présentement une demande inespérée, il serait logique de lui donner priorité. On obtient alors les PDP suivants :

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	UÉ	Délai					
Biréacteur	60	× 70	2	1					
Semaine	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Prévisions		120	120	140	145	130	140	160	160
Commandes acceptées		120	110	90	75	50	0	0	0
Stock projeté		**80**	**100**	**100**	**25**	**35**	**35**	**15**	**-5**
Stock disponible à la vente									
Réception planifiée		**140**	**140**	**140**	**70**	**140**	**140**	**140**	**140**
Lancement planifié	**140**	**140**	**140**	**70**	**140**	**140**	**140**	**140**	

[13] Notons que d'autres choix sont aussi possibles : par exemple, on aurait pu n'avancer que les productions des biréacteurs (deux lots plutôt qu'un seul) puisque leur coût de stockage est probablement plus faible. Ici, comme les ventes des triréacteurs semblent plus élevées que prévu, il est raisonnable d'en avancer aussi un lot. Le planificateur doit donc bien considérer ses choix et être en mesure de les expliquer et de les défendre, au besoin.

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	UÉ	Délai					
Triréacteur	40	× 50	3	1					
Semaine	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Prévisions		80	80	120	120	100	100	120	120
Commandes acceptées		90	110	75	130	80	70	0	0
Stock projeté		**50**	**40**	**20**	**40**	**40**	**40**	**20**	**0**
Stock disponible à la vente									
Réception planifiée		**100**	**100**	**100**	**150**	**100**	**100**	**100**	**100**
Lancement planifié	**100**	**100**	**100**	**150**	**100**	**100**	**100**	**100**	

La nouvelle évaluation des capacités est alors la suivante :

Analyse sommaire des capacités	4	5	6	7	8	9	10	11	TOTAL
Biréacteur	280	280	280	140	280	280	280	280	
Triréacteur	300	300	300	450	300	300	300	300	
Capacité totale requise	580	580	580	590	580	580	580	580	4 650
Capacité disponible	600	600	600	600	600	600	600	600	4 800
Dépassement	-20	-20	-20	-10	-20	-20	-20	-20	

Il n'y a plus de dépassement de capacité : les deux plans sont donc réalisables simultanément. Remarquons qu'ils se traduisent par une augmentation des stocks, puisqu'il a fallu devancer la production de deux lots de produits. On a aussi une légère perte de capacité à chacune des périodes, ce qui pourrait éventuellement poser problème puisque le plan global de production dont est tirée la limite de capacité prévoit que toute la capacité sera nécessaire pour répondre à la demande prévue sur une base annuelle. Cette perte de capacité est due, ici, à la production en lots de taille fixe. Si l'on pouvait modifier ou contourner cette politique de lotissement (par exemple en utilisant des lots de taille minimum plutôt que fixe), on pourrait utiliser toute la capacité disponible et créer davantage de stocks, ce qui serait normal, l'entreprise ayant choisi une stratégie nivelée.

Dans son état actuel, le PDP des biréacteurs pourrait occasionner une pénurie de 5 unités à la semaine 12. Il faut toutefois être prudent : cette pénurie – comme tous les stocks projetés, d'ailleurs – ne se réalisera que si les ventes prévues se réalisent. Il peut se passer bien des choses d'ici la semaine 12 : il suffirait qu'on vende cinq unités de moins que prévu aux semaines précédentes pour que la pénurie disparaisse. Par ailleurs, si la demande des triréacteurs continue de dépasser les prévisions, le plan actuel ne permettra pas d'y répondre. On voit ici toute l'importance des prévisions. Une fois qu'on aura déterminé le plan directeur de production final pour les deux produits, il en découlera pour l'entreprise toute une série d'actions très concrètes : la capacité sera réservée, on commencera la fabrication des composants qui formeront le produit fini, on commandera les pièces et les matières premières, etc. Il deviendra alors très difficile, voire impossible, de changer le plan pour accommoder la demande réelle si elle diffère des prévisions.

La préparation du PDP final est un processus d'essais et erreurs par lequel le planificateur cherche à trouver la meilleure solution en fonction des facteurs concurrentiels

ciblés par l'entreprise. Cherche-t-on avant tout à réduire les coûts en diminuant les stocks ou les mises en route et en maximisant l'utilisation de la capacité disponible? Veut-on à tout prix répondre à la demande et éviter les pénuries ou les retards de livraison? Le planificateur aura souvent le choix entre différents PDP possibles, et il devra adopter comme plan final celui qui convient le mieux à son organisation, tout en acceptant qu'il comportera des lacunes et des risques.

Quatrième étape : calculer le stock disponible à la vente et utiliser le PDP de manière dynamique

Une fois le PDP final établi, il prend deux voies distinctes. D'un côté, les décisions prises quant au lancement planifié (la dernière ligne de la grille de PDP) permettent de commencer la planification des besoins matières, comme on le verra plus loin dans ce chapitre. De l'autre côté, le PDP peut maintenant être utilisé sur une base continue par les responsables des ventes pour connaître la disponibilité réelle et future des produits. Pour cela, il faut calculer le stock disponible à la vente, cette ligne de la grille de PDP qui était jusqu'à maintenant demeurée vide.

Quelle est la différence entre le stock projeté et le stock disponible à la vente? Le stock projeté est la quantité de produits qu'on devrait théoriquement avoir en stock à la fin de chaque période si l'on fabrique les quantités prévues (lancement et réception planifiés) et si les prévisions de ventes se réalisent. Il sert essentiellement à déterminer s'il est nécessaire ou non de prévoir une nouvelle réception à la période suivante. Le stock projeté ne représente pas le stock réel en main à un moment donné; il ne tient compte des commandes réelles que si elles dépassent déjà les prévisions au moment où le PDP est préparé.

À l'opposé, le stock disponible à la vente est une quantité réelle de produits finis qui est disponible ou qui le deviendra, et dont on sait qu'elle n'a pas encore été mise en réserve pour remplir une commande ferme (d'où l'appellation *disponible à la vente*). C'est donc cette information que le Service des ventes doit consulter pour savoir s'il est possible ou non d'accepter une nouvelle commande pour une semaine donnée. De plus, au fur et à mesure que de nouvelles commandes sont acceptées, le stock disponible à la vente doit être recalculé pour bien refléter ce qu'il est encore possible de vendre.

La méthode de calcul du stock disponible à la vente est très différente de celle utilisée pour le stock projeté. Pour l'expliquer, reprenons l'exemple de Canada-Aviation et supposons que le PDP final retenu est celui qui a été établi précédemment :

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	UÉ	Délai					
Biréacteur	60	× 70	2	1					
Semaine	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Prévisions		120	120	140	145	130	140	160	160
Commandes acceptées		120	110	90	75	50	0	0	0
Stock projeté	60	80	100	100	25	35	35	15	-5
Stock disponible à la vente		**80**	**30**	**45**		**90**	**140**	**140**	**140**
Réception planifiée		140	140	140	70	140	140	140	140
Lancement planifié	140	140	140	70	140	140	140	140	

Nous sommes maintenant au début de la semaine 5 et il reste, tel que prévu, 60 unités du Biréacteur dans l'entrepôt. On sait qu'un nouveau lot de 140 unités sera reçu cette semaine. On aura donc en main 200 unités (140 + 60), mais de ces unités, 120 sont déjà vendues et doivent être livrées cette semaine (selon la ligne « commandes acceptées »). Il en reste donc 80 qui peuvent être vendues et livrées n'importe quand à partir de la semaine 5. À la semaine 6, on recevra un nouveau lot de 140 unités du produit, mais 110 de ces unités ont déjà été vendues. Il reste donc 30 unités qui sont disponibles à la vente et peuvent être livrées n'importe quand à partir de la semaine 6. À la semaine 7, on reçoit un nouveau lot de 140 unités, dont 90 sont déjà vendues. On devrait donc avoir un stock disponible à la vente de 50 unités (soit 140 − 90). Toutefois, à la semaine 8, la réception planifiée (70 unités) ne suffira pas à combler les commandes acceptées de 75 unités. Il faut donc aller prélever les 5 unités manquantes dans le stock disponible à la vente de la semaine précédente la plus proche où il y a encore du stock disponible – dans ce cas-ci, à la semaine 7. Il restera donc 45 unités disponibles à la vente à la semaine 7 et aucune à la semaine 8. On continue ensuite le calcul de la même façon pour les autres périodes.

Comme on le voit, le stock disponible à la vente n'est pas cumulé d'une semaine à l'autre[14]. Il indique plutôt les quantités qui deviennent disponibles à la vente à chacune des semaines. Mais ce stock ne disparaît pas non plus à la fin de la semaine : il demeure disponible tant qu'il n'aura pas été utilisé pour remplir des commandes acceptées. Par exemple, les 80 unités du Biréacteur disponibles à la vente à la semaine 5 peuvent être livrées cette semaine-là, mais aussi à n'importe laquelle des semaines qui suivent.

Tel qu'indiqué précédemment, le PDP peut maintenant être utilisé de manière dynamique par le Service des ventes : au fur et à mesure que des commandes sont reçues, on les ajoute à la ligne « commandes acceptées » et l'on réduit d'autant le stock disponible à la vente. Par exemple, si un client téléphone à la semaine 5 et veut avoir 60 unités du Biréacteur à la semaine 7, un simple coup d'œil au stock disponible à la vente montre que l'on peut satisfaire sa demande : il y a 45 unités disponibles à la vente à la semaine 7, mais on a aussi aux semaines 5 et 6 un total de 110 unités disponibles à la vente dans lesquelles on peut aller puiser les 15 unités manquantes (on va généralement les prendre dans la période précédente la plus rapprochée). Les commandes acceptées à la semaine 7 passeront alors de 90 à 150, le stock disponible à la vente de la semaine 7 diminuera de 45 à 0 unités, et l'on ira réduire de 15 unités le stock disponible à la vente de la semaine 6 (qui passera de 30 à 15 unités) :

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	UÉ	Délai					
Biréacteur	60	× 70	2	1					
Semaine	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Prévisions		120	120	140	145	130	140	160	160
Commandes acceptées		120	110	**150**	75	50	0	0	0
Stock projeté	60	80	100	100	25	35	35	15	-5
Stock disponible à la vente		80	**15**			90	140	140	140
Réception planifiée		140	140	140	70	140	140	140	140
Lancement planifié	140	140	140	70	140	140	140	140	

[14] Notons qu'il existe d'autres méthodes de calcul du stock disponible à la vente qui cumulent les valeurs.

En résumé, on calcule le stock disponible à la vente de la manière suivante :

- À la première période du plan, le stock disponible à la vente est égal à : (stock projeté au début du plan + réception planifiée de la première période) – (total des commandes acceptées jusqu'à la prochaine période où il y a une réception planifiée);
- Aux autres périodes du plan, s'il n'y a pas de réception planifiée, il n'y a pas de nouveau stock disponible à la vente (on n'inscrit rien). S'il y a une réception planifiée, le stock disponible à la vente est égal à : (réception planifiée) – (total des commandes acceptées jusqu'à la prochaine période où il y a une réception planifiée);
- S'il manque de stock disponible à la vente pour répondre aux commandes acceptées d'une semaine donnée, on va chercher les unités manquantes dans les stocks disponibles à la vente des semaines qui précèdent, en commençant par la plus rapprochée[15].

Si l'on applique cette méthode au PDP du Triréacteur, on obtiendra le résultat suivant :

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	UÉ	Délai
Triréacteur	40	× 50	3	1

Semaine	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Prévisions		80	80	120	120	100	100	120	120
Commandes acceptées		90	110	75	130	80	70	0	0
Stock projeté	40	50	40	20	40	40	40	20	0
Stock disponible à la vente		**40**		**25**	**20**	**20**	**30**	**100**	**100**
Réception planifiée		100	100	100	150	100	100	100	100
Lancement planifié	100	100	100	150	100	100	100	100	

Remarquons que, lors de l'utilisation dynamique du PDP, l'acceptation de nouvelles commandes n'a d'impact réel que sur la ligne du stock disponible à la vente. Dans notre exemple, lorsque le client appelle à la semaine 5 pour passer une commande de Biréacteurs, le lancement de la semaine 4 a déjà eu lieu. Il est probablement trop tard pour changer les lancements planifiés de la semaine 5 et des suivantes, comme on le comprendra à la section suivante.

5.5 Les principes-clés de la planification des besoins matières

La planification des besoins matières découle directement de la planification détaillée de la production : à partir du moment où l'on a déterminé les quantités de chacun des produits finis qui doivent être lancées en production aux différentes périodes du PDP, on peut planifier la fabrication des composants qui servent à réaliser le produit final et planifier l'achat des pièces et des matières premières qui seront nécessaires à la production. Ce travail de planification se fonde sur plusieurs notions importantes qui seront maintenant exposées.

[15] Comme cette situation se présente fréquemment, on trouve souvent plus facile de calculer le stock disponible à la vente en commençant par la dernière semaine et en remontant jusqu'à la première semaine.

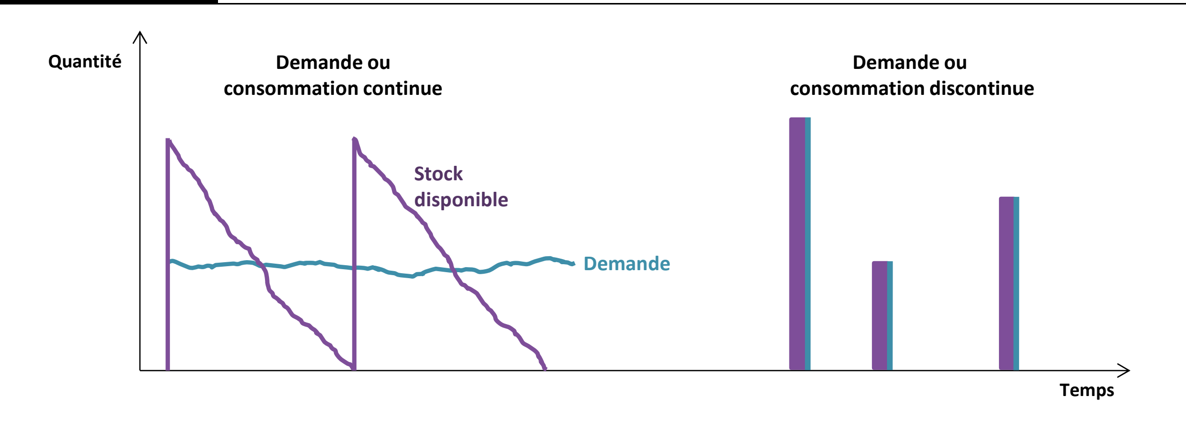
Demande indépendante et dépendante

Avant d'aborder la préparation du plan des besoins matières (PBM), il faut bien comprendre en quoi cette méthode de détermination des quantités à acheter ou à fabriquer diffère de la gestion des stocks vue au chapitre 3. Les modèles et méthodes du chapitre 3 se fondaient sur l'hypothèse d'une consommation régulière des articles à gérer; les stocks de sécurité servaient à compenser les variations de la consommation, dont on assumait qu'elles suivaient une distribution normale. De plus, la demande annuelle et le taux de consommation étaient basés sur l'utilisation et les ventes passées. Cette façon de procéder est tout à fait appropriée dans le cas des distributeurs et des détaillants qui doivent décider du nombre d'articles à garder en stock, dans le cas des fournitures consommées par les organisations (par exemple les produits ERO), et dans le cas des produits finis fabriqués par l'entreprise. Tous ces produits et articles sont dits être soumis à une demande indépendante, c'est-à-dire que leur demande ne peut être établie qu'en faisant des prévisions.

Cependant, dans le cas des composants, pièces et matières premières qui servent à fabriquer les produits finis, la demande n'a pas à être estimée : elle peut être calculée avec exactitude à partir du nombre de produits finis dont on a planifié la production. Pour un fabricant de voitures, par exemple, le nombre de châssis ou de portes à fabriquer, ou encore le nombre de batteries à commander chez le fournisseur, est calculé directement à partir du nombre de véhicules qu'on veut assembler. On dit que ces articles sont soumis à une demande dépendante, puisque leur demande dépend de la production planifiée des produits finis.

De plus, comme l'a montré la préparation du PDP à la section précédente, la demande pour les articles à demande dépendante n'est pas continue : elle dépend de la production planifiée de chacun des articles-parents. Considérons l'exemple d'un fabricant de patins : il est probable que son PDP des mois de janvier à juin prévoira surtout la fabrication de patins à roues alignées en prévision des ventes de l'été, alors que le PDP des mois de juillet à décembre prévoira surtout la fabrication de patins à glace. Il serait illogique pour ce fabricant d'acheter des roulettes ou des lames de patins de façon régulière toute l'année; on dira donc que la demande de ces articles est discontinue – on peut en consommer une grande quantité lorsqu'on fabrique un lot de produits, puis ne plus en utiliser pendant plusieurs semaines, selon ce qui est programmé au PDP. La figure 5.2 illustre les mouvements de stock en situation de consommation continue et discontinue.

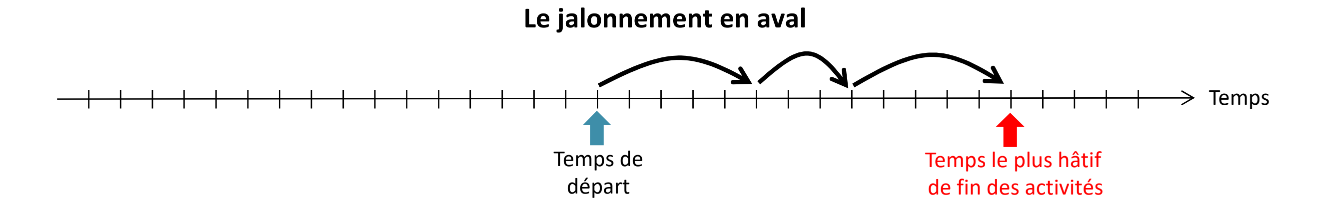
Figure 5.2 **Mouvements des stocks selon que la demande est continue ou discontinue**

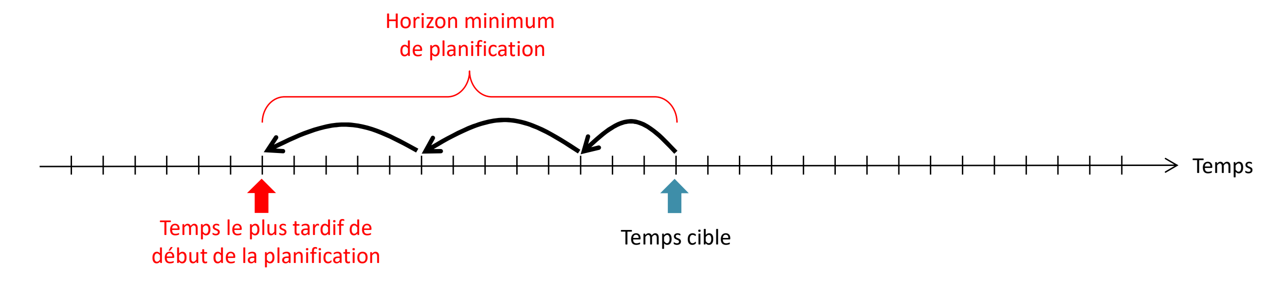


Jalonnement en aval et en amont

La préparation du plan des besoins matières est l'exemple parfait d'un des principes essentiels de la gestion des opérations et de la logistique : le jalonnement. Le jalonnement est l'activité de planification qui consiste à décaler dans le temps les activités à réaliser pour être en mesure de respecter différentes échéances, tel qu'illustré à la figure 5.3. On parle de *jalonnement en aval* (ou *forward scheduling*) quand la planification part du moment présent (le temps de départ) et projette vers l'avant la durée des différentes tâches à réaliser pour déterminer le moment où chacune des étapes pourra être terminée. Le jalonnement en aval est très utilisé en gestion de projet pour connaître le moment le plus hâtif où l'ensemble du projet pourra être complété. Il est aussi utilisé dans le cas des produits entièrement fabriqués sur commande, pour fournir aux clients une date de livraison réaliste compte tenu du temps requis pour chacune des étapes.

Figure 5.3 **Le jalonnement en amont et le jalonnement en aval**





Le *jalonnement en amont* (ou *backward scheduling*), au contraire, part de l'échéance finale (le temps cible) et remonte dans le temps pour déterminer à quel moment chaque activité doit débuter pour respecter cette échéance. On l'a déjà utilisé lors de la préparation du PDP, lorsqu'on a décalé la ligne des réceptions planifiées du délai de fabrication des produits finis pour obtenir la ligne des lancements planifiés. Le jalonnement en amont est employé de manière plus intensive lors de la préparation du plan des besoins matières, alors qu'il faut déterminer à quel moment il faut commencer la production des composants pour qu'ils soient prêts à temps pour la fabrication des produits finis, puis à quel moment il faut lancer les commandes d'achats pour que les pièces et les matières premières soient reçues à temps pour produire les composants.

C'est le jalonnement qui permet de déterminer le délai total d'obtention d'un produit fait par l'entreprise, et ce, de la demande de fabrication jusqu'à la livraison. La bonne compréhension du concept de jalonnement est donc essentielle non seulement aux gestionnaires des opérations et de la logistique, mais aussi à tous ceux qui doivent tenir compte de ces

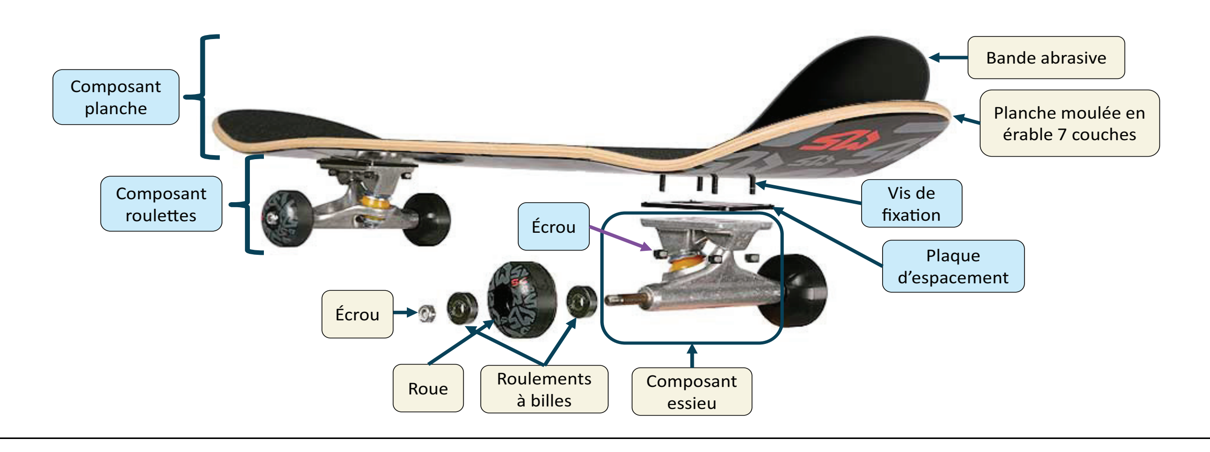
délais dans leur travail – par exemple les vendeurs et les responsables du marketing qui font les promesses de livraison aux clients. Le jalonnement est aussi une activité essentielle à la gestion de projet. S'y ajoutent alors la notion d'antécédence (c.-à-d. les activités qui doivent être réalisées avant d'autres) et de chemin critique (c.-à-d. les étapes successives qui, globalement, contraignent le temps de réalisation du projet dans son ensemble).

La nomenclature et la structure de produit

Quel que soit le type de produit fabriqué (automobiles, médicaments, billettes d'aluminium, vêtements, etc.), sa réalisation implique l'existence d'une « recette », c'est-à-dire d'une liste des « ingrédients » qui sont nécessaires à sa fabrication (composants, pièces, matières premières) et d'un ensemble d'étapes de fabrication qu'il faut réaliser dans un ordre précis. En GOL, cette liste des ingrédients porte le nom de *nomenclature* (en anglais, *bill of materials*, ou *BOM*). Elle peut prendre la forme d'une liste, mais on présente le plus souvent la nomenclature sous la forme d'une arborescence appelée *structure de produit*.

Prenons comme exemple une des planches à roulettes fabriquées par l'entreprise D-Roll et illustrée à la figure 5.4.

Figure 5.4 Les parties d'une planche à roulettes

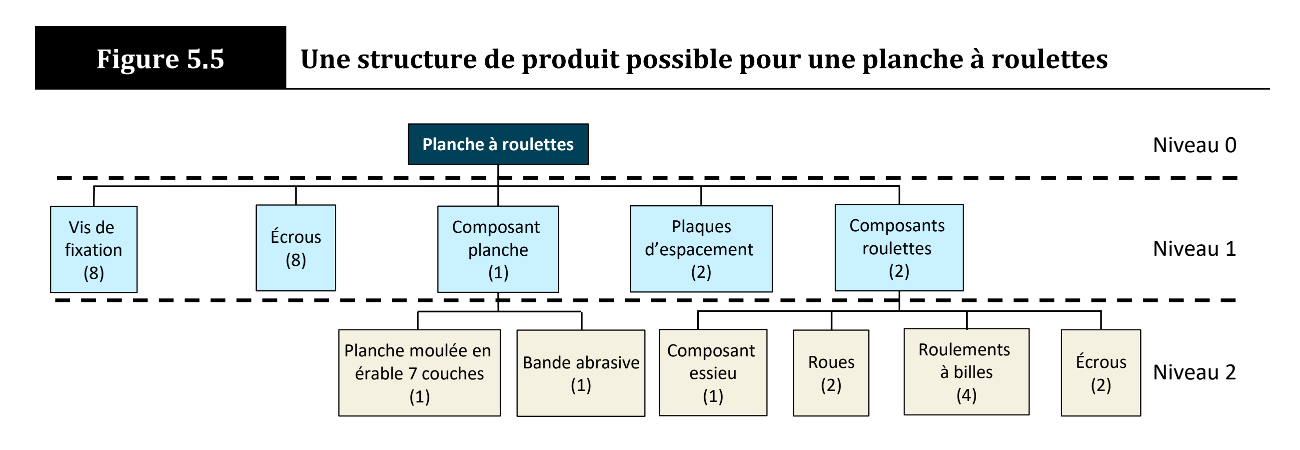


Compte tenu de la manière dont sont présentées les différentes parties de cette planche à roulettes, on pourrait en déduire la nomenclature suivante :

- Planche à roulettes
  - Composant planche (1)
    - Planche moulée en érable sept couches (1)
    - Bande abrasive (1)
  - Composants roulettes (2)
    - Composant essieu (1)
    - Roues (2)
    - Écrous (2)
    - Roulements à billes (4)
  - Plaques d'espacement (2)
  - Vis de fixation (8)
  - Écrous (8)

La structure de produit de cette planche à roulettes pourrait être telle que présentée à la figure 5.5 :

Figure 5.5 **Une structure de produit possible pour une planche à roulettes**



La structure de produit fait ressortir le caractère hiérarchique de la nomenclature. Au niveau 0 de la structure, on retrouve le produit fini; seul ce produit est soumis à une demande indépendante. Les niveaux 1 et 2 contiennent les articles à demande dépendante; ce sont les composants et pièces requis pour la fabrication d'une planche à roulettes, et leur demande dépend du nombre de planches à roulettes dont la production est planifiée au PDP. Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre d'unités de chacun des articles qui est requis pour fabriquer une unité de l'article du niveau supérieur, appelé *article-parent*. Par exemple, l'article « composant planche » est l'article-parent des deux pièces situées sous lui, soit la planche moulée et la bande abrasive. Pour fabriquer une unité du « composant planche », il faut une unité de planche moulée et une unité de la bande abrasive. De même, l'article « composant roulettes » est le parent des quatre articles situés sous lui. Pour fabriquer une unité du « composant roulettes », il faut une unité du composant essieu, deux roues, quatre roulements à billes et deux écrous. Toutefois, comme il faut deux unités du composant roulettes pour faire une planche à roulettes (son article-parent), cela signifie que chaque planche à roulettes comprend huit roulements à billes (soit 4 × 2).

On remarque qu'un article est présent à deux endroits différents de la structure de ce produit : au niveau 1, il y a huit écrous qui servent à la fixation finale, mais il y a aussi deux écrous pour chaque composant roulettes. Les écrous ont donc ici deux articles-parents, pour lesquels il faut additionner les besoins : une planche à roulettes comporte au total 12 écrous (soit 8 + [2 × 2])[16].

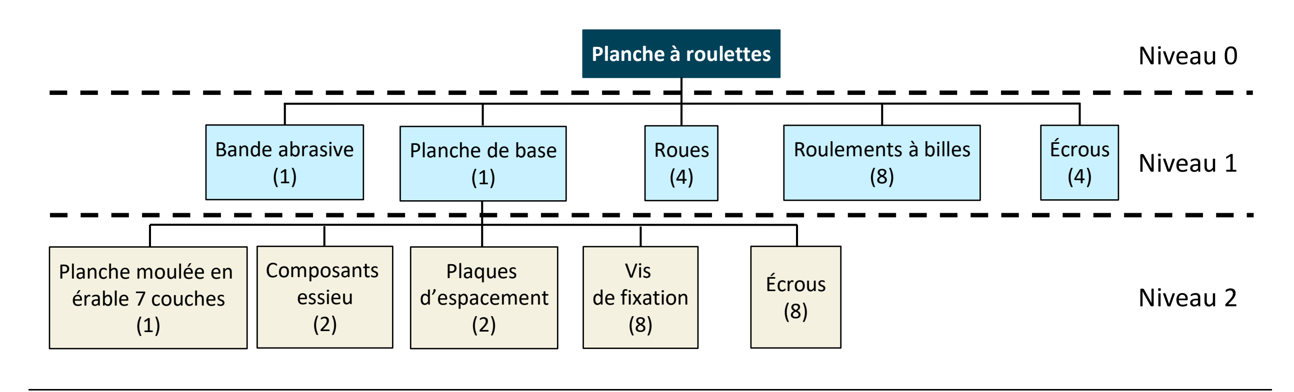
La structure de produit a aussi l'avantage de bien mettre en évidence les grandes étapes de la fabrication du produit fini. Plutôt que de mettre tous les composants et pièces au niveau 1, la structure actuelle montre que l'on assemble les planches en mettant ensemble un « composant planche » et deux « composants roulettes », eux-mêmes déjà

[16] Ce calcul tient pour acquis qu'il s'agit du même type d'écrous aux deux niveaux de la nomenclature. Si ce n'était pas le cas, les écrous porteraient des noms plus précis (par exemple *écrou M12* et *écrou M16*). Notons que pour simplifier le schéma, la nomenclature présentée ici est peu détaillée; normalement, elle devrait inclure le numéro de référence de chaque article.

assemblés à partir d'autres pièces et composants qui sont, eux, situés au niveau 2. Ici, puisqu'il n'y a rien sous l'article « composant essieu », il faut présumer que ce dernier est acheté tout fait ou confié à un sous-traitant. Si l'entreprise D-Roll produisait elle-même le composant essieu, il faudrait ajouter un niveau 3 montrant les pièces qui entrent dans sa fabrication (une embase, un axe de roues, une vis centrale pivotante, etc.). De même, si D-Roll fabriquait elle-même les planches moulées en érable, on ajouterait au-dessous de cette pièce les matières premières qui entrent dans sa composition (par exemple un certain nombre de mètres carrés de laminé d'érable, de la colle, etc.). La structure de produit permet donc d'identifier d'un coup d'œil les articles fabriqués par l'entreprise et les articles achetés ou sous-traités. Dans le cas des entreprises intégrées verticalement et qui fabriquent des produits complexes comprenant des centaines de pièces, de composants et d'étapes de fabrication (par exemple un avion), la structure de produit peut avoir un très grand nombre de niveaux.

Par ailleurs, une meilleure connaissance du processus de fabrication des planches à roulettes utilisé par cette entreprise aurait pu conduire à une structure de produit tout à fait différente. Supposons, par exemple, que D-Roll fabrique plusieurs modèles de planches qui ne sont différenciés les uns des autres que par la largeur des roues et par le motif qui est imprimé sur la bande abrasive collée sur le dessus de la planche; l'entreprise pourrait alors avoir intérêt à adopter la structure de produit montrée à la figure 5.6.

Figure 5.6 **Une autre structure de produit possible pour une planche à roulettes**



Dans ce cas, l'entreprise fabriquerait des planches de base, c'est-à-dire une planche sans bande abrasive ni roues, mais à laquelle sont déjà fixés les composants essieu. Ainsi, les produits finis pourraient être différenciées au moment de l'assemblage final (niveau 1) en ajoutant les roues et la bande abrasive requises, selon l'état des stocks ou les demandes des clients. Cela n'était pas possible avec la structure de produit de la figure 5.5 puisque les roues et la bande abrasive étaient posées dès le niveau 2 : on ne pouvait plus différencier les produits dès que ce niveau était amorcé. La structure de produit présentée à la figure 5.6 permettrait d'améliorer la flexibilité de D-Roll en repoussant au plus tard possible l'ajout des éléments de différenciation du produit. Ce genre de structure est très utilisé dans les entreprises qui font de l'assemblage sur commande ou qui adoptent une stratégie dite de *différenciation retardée*, laquelle permet de réduire les

stocks de produits finis tout en répondant rapidement à la demande. On reviendra sur cette stratégie au chapitre 8.

Finalement, il est essentiel que les bases de données contenant les informations relatives à la nomenclature et à la structure des produits soient constamment mises à jour pour refléter les changements qui peuvent être apportés à la composition des produits ou à la séquence de fabrication. Cette mise à jour requiert une bonne communication entre le Service de R&D ou d'ingénierie, les gestionnaires de bases de données, les acheteurs et les planificateurs de production.

Les informations requises pour la préparation du plan des besoins matières

Pour planifier les besoins matières, le planificateur doit avoir en main les informations suivantes :

- le plan directeur de production de chacun des produits finis pour les semaines à planifier;
- la nomenclature et la structure de chacun des produits à fabriquer;
- les stocks disponibles de chacun des composants, pièces et matières premières requis pour la fabrication;
- le délai de fabrication ou d'approvisionnement de chacun de ces composants, pièces et matières premières (ce délai permet de faire les jalonnements en amont appropriés);
- les tailles de lots à respecter : comme pour la préparation du PDP, la fabrication et l'approvisionnement des composants, pièces et matières premières peuvent être soumis à différentes contraintes de lotissement.

Les trois derniers groupes d'informations sont normalement regroupés dans le *fichier-maître des articles,* qui indique aussi les niveaux de stock de sécurité à maintenir et diverses informations relatives à chacun des articles (articles substituts, fournisseurs approuvés, prix d'achat ou coût de revient, historique d'achat, etc.). Dans la plupart des entreprises, la planification des besoins matières est aujourd'hui un système entièrement informatisé. Toutefois, il est important pour tout gestionnaire de bien comprendre la méthode de base de préparation du PBM de manière à pouvoir interpréter les données générées par les systèmes informatiques.

5.6 Élaborer le plan des besoins matières

La planification des besoins matières requiert elle aussi l'utilisation d'une grille appropriée qui, dans sa plus simple expression[17], se présente ainsi :

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le plus bas*	
Période *(normalement, une semaine)*	1	2	3	4	…
Besoin brut *(quantité dont on a besoin pour lancer la production de l'article-parent)*					
Stock projeté *(le stock qu'on prévoit avoir à la fin de la période)*					
Besoin net *(la quantité qui manque pour combler le besoin brut, c.-à-d. le besoin brut moins le stock projeté)*					
Réception planifiée *(la quantité qui doit être lancée en commande ou en fabrication, compte tenu de la taille de lot à respecter, et qui sera donc reçue à cette période)*					
Lancement planifié *(est égal à la réception planifiée, mais jalonné en amont pour tenir compte du délai de livraison ou de fabrication)*					

**Note :* *Si l'article revient plusieurs fois dans la nomenclature, on indique le niveau le plus bas où il apparaît (soit celui dont le chiffre est le plus élevé).*

Tout comme la grille de PDP, cette grille doit être remplie en suivant certaines étapes de manière systématique. Notons qu'il faut remplir une grille pour chacun des articles de la nomenclature. Il faut aussi identifier dès le départ les articles qui reviennent à plusieurs endroits dans la nomenclature, et retenir qu'on ne peut pas remplir la grille pour ces articles tant qu'on n'a pas terminé la planification de tous leurs articles-parents.

Reprenons l'exemple de nos planches à roulettes. Le planificateur a établi le PDP suivant pour ce produit :

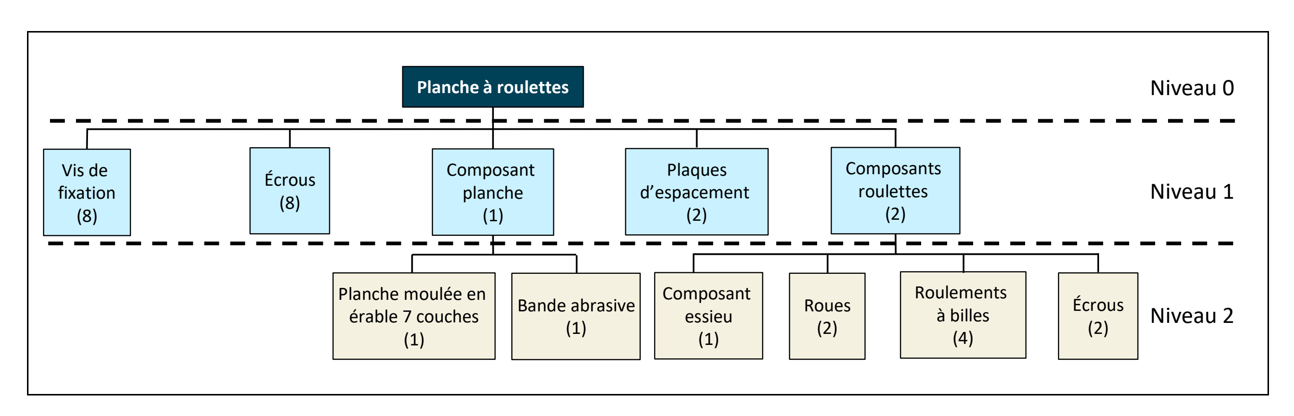
Semaine	7	8	9	10	11	12
Réception planifiée		200	250	200	0	200
Lancement planifié	200	250	200	0	200	

[17] La grille de PBM peut aussi inclure une ligne intitulée « réceptions programmées », qui indique les commandes déjà en cours, de même qu'une ligne « stock de sécurité ». Ces éléments ne sont pas traités dans le cadre de ce manuel.

La première chose à faire est d'obtenir toutes les informations nécessaires à la préparation du PBM. Le fichier-maître des articles fournit les informations suivantes :

Nom de l'article	Stock en main	Taille de lot	Délai
Vis de fixation	6 000	× 10 000	2 sem.
Plaque d'espacement	100	× 250	1 sem.
Composant planche	75	Min. 150	3 sem.
Composant roulettes	250	Min. 500	2 sem.
Écrou	600	× 1 000	1 sem.
Composant essieu	1 200	× 5 000	3 sem.
Roue	1 400	× 2 000	1 sem.
Roulement à billes	0	Lot × lot	3 sem.
Planche moulée en érable sept couches	350	Min. 300	3 sem.
Bande abrasive	0	Lot × lot	1 sem.

La structure de produit retenue par D-Roll est finalement celle-ci :



Au moment d'établir le PDP, on a déjà tenu compte des stocks, du délai de production et de la taille de lot pour l'assemblage du produit fini; conséquemment, on n'a pas à compléter de grille de PBM pour ce produit. On débute donc la planification des besoins matières directement au niveau 1[18]. Commençons par les vis de fixation : la structure de produit indique qu'il faut huit vis pour chaque planche à roulettes. Puisqu'on a planifié le lancement en production de 200 planches à roulettes à la semaine 7, il faut avoir en main au début de la semaine 1 600 vis de fixations (soit 200 × 8). C'est le besoin brut des vis de fixation qu'on inscrit à la première ligne de la grille des vis, dans la colonne appropriée (voir la figure 5.7). Autrement dit, le besoin brut est calculé en multipliant le lancement planifié de l'article-parent par le nombre d'unités qui sont requises pour chaque unité du parent. Il est essentiel de bien partir de la ligne de lancement, puisque c'est au moment où l'on est prêt à lancer la production qu'on a besoin des composants et des pièces.

[18] Notons que d'autres façons de procéder sont possibles, mais elles ne seront pas abordées dans ce manuel.

Figure 5.7 Le plan des besoins matières pour les planches à roulettes

Semaine	7	8	9	10	11	12
Réception planifiée		200	250	200	0	200
Lancement planifié	200	250	200	0	200	

× 8

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas
Vis de fixation	6 000	× 10 000	2 sem.	1

Semaine	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Besoin brut						1 600	2 000	1 600	0	1 600	
Stock projeté					6 000	4 400	2 400	800	800	9 200	
Besoin net						0	0	0	0	800	
Réception planifiée						0	0	0	0	10 000	
Lancement planifié				0	0	0	0	10 000			

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas
Plaque d'espacement	100	× 250	1 sem.	1

Semaine	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Besoin brut						400	500	400	0	400	
Stock projeté					100	200	200	50	50	150	
Besoin net						300	300	200	0	350	
Réception planifiée						500	500	250	0	500	
Lancement planifié					500	500	250	0	500		

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas
Composant planche	75	Min. 150	3 sem.	1

Semaine	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Besoin brut						200	250	200	0	200	
Stock projeté					75	25	0	0	0	0	
Besoin net						125	225	200	0	200	
Réception planifiée						150	225	200	0	200	
Lancement planifié			150	225	200	0	200				

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas
Composant roulettes	250	Min. 500	2 sem.	1

Semaine	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Besoin brut						400	500	400	0	400	
Stock projeté					250	350	150	250	250	350	
Besoin net						150	150	250	0	150	
Réception planifiée						500	500	500	0	500	
Lancement planifié				500	500	500	0	500			

× 4

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le +bas
Roulement à billes	0	L × L	3 sem.	2

Semaine	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Besoin brut				2 000	2 000	2 000	0	2 000			
Stock projeté			0	0	0	0	0	0			
Besoin net				2 000	2 000	2 000	0	2 000			
Réception planifiée				2 000	2 000	2 000	0	2 000			
Lancement planifié	2 000	2 000	2 000	0	2 000						

Figure 5.7 **Le plan des besoins matières pour les planches à roulettes (suite)**

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas
Roue	1 400	× 2 000	1 sem.	2

Semaine	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Besoin brut				1 000	1 000	1 000	0	1 000			
Stock projeté			1 400	400	1 400	400	400	1 400			
Besoin net				0	600	0	0	600			
Réception planifiée				0	2 000	0	0	2 000			
Lancement planifié			0	2 000	0	0	2 000				

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas
Composant essieu	1 200	× 5 000	3 sem.	2

Semaine	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Besoin brut				500	500	500	0	500			
Stock projeté			1 200	700	200	4 700	4 700	4 200			
Besoin net				0	0	300	0	0			
Réception planifiée				0	0	5 000	0	0			
Lancement planifié	0	0	5 000	0	0						

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas
Écrou	600	× 1 000	1 sem.	2

Semaine	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Besoin pour le parent « planche à roulettes »						1 600	2 000	1 600	0	1 600	
Besoin pour le parent « composant roulettes »				1 000	1 000	1 000	0	1 000			
Besoin brut total				1 000	1 000	2 600	2 000	2 600	0	1 600	
Stock projeté			600	600	600	0	0	400	400	800	
Besoin net				400	400	2 000	2 000	2 600	0	1 200	
Réception planifiée				1 000	1 000	2 000	2 000	3 000	0	2 000	
Lancement planifié			1 000	1 000	2 000	2 000	3 000	0	2 000		

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas
Planche moulée en érable sept couches	350	Min. 300	3 sem.	2

Semaine	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Besoin brut			150	225	200	0	200				
Stock projeté		350	200	275	75	75	175				
Besoin net			0	25	0	0	125				
Réception planifiée				300	0	0	300				
Lancement planifié	300	0	0	300							

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas
Bande abrasive	0	L × L	1 sem.	2

Semaine	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Besoin brut			150	225	200	0	200				
Stock projeté		0	0	0	0	0	0				
Besoin net			150	225	200	0	200				
Réception planifiée			150	225	200	0	200				
Lancement planifié		150	225	200	0	200					

Une fois qu'on a calculé les besoins bruts pour chacune des périodes, on vérifie si l'on a déjà suffisamment d'articles en stock. Ici, on voit que le stock de départ de 6 000 vis de fixation suffit amplement à combler le besoin brut de 1 600 unités de la semaine 7; on a donc un besoin net de 0, et il restera en stock 4 400 (soit 6 000 – 1 600) vis de fixation à la fin de la semaine 7. En faisant le calcul pour les semaines suivantes, on constate qu'on ne manquera de vis qu'à la semaine 11, alors que les 800 unités en stock ne suffiront pas à combler le besoin brut de 1 600 unités. Mais comme il faut commander cet article par lots de 10 000 unités et que le délai de réapprovisionnement de ce produit est de deux semaines, on va lancer une commande d'achat de 10 000 vis de fixation à la semaine 9, pour réception prévue à la semaine 11. À la fin de la semaine 11, il devrait rester en stock 9 200 vis (soit 10 000 – 800).

On procède de la même manière, article par article, pour tous les articles du niveau 1, sauf pour les écrous. En effet, les écrous sont présents à deux endroits dans la structure de produit et ont donc deux articles-parents : les planches à roulettes (8 écrous pour l'assemblage final de chaque planche) et les composants roulettes (deux écrous pour chaque composant roulettes). Pour planifier les besoins en écrous, il faut donc d'abord savoir combien de composants roulettes on doit lancer en production.

Dès qu'on a établi le lancement des composants planches et des composants roulettes, on peut calculer les besoins des articles dont ils sont les parents (ici, tous les articles du niveau 2). Prenons l'exemple des roulements à billes. Selon la structure de produit, il faut quatre roulements à billes pour chaque composant roulettes. Si l'on veut lancer la production de 500 composants roulettes à la semaine 5, il faut donc avoir en main à ce moment 2 000 roulements à billes. On voit qu'ici encore, le besoin brut est établi en multipliant le lancement planifié de l'article-parent par le nombre d'unités requises pour chaque unité du parent. Une fois le besoin brut établi, la démarche de calcul est toujours la même : comparaison du besoin brut et des stocks de fin de la période précédente (a-t-on assez d'articles en stock pour combler les besoins?), calcul du besoin net (combien en manque-t-il?), planification d'une réception si le besoin net est plus grand que zéro, prise en compte de la politique de lotissement (combien faut-il en commander?), jalonnement en amont pour tenir compte du délai de réapprovisionnement (quand faut-il les commander?), et finalement calcul du stock à la fin de la période (combien en restera-t-il?).

Dans le cas des écrous, le calcul de besoin brut fera l'addition de deux quantités : le nombre d'écrous dont on a besoin pour l'assemblage final des planches (niveau 1) et le nombre d'écrous dont on a besoin pour l'assemblage des composants roulettes (niveau 2). Dans les deux cas, on repart du lancement planifié de l'article-parent et l'on multiplie par le nombre d'écrous requis. On calcule ensuite le besoin brut total, à partir duquel est élaboré le reste de la grille.

Comme on peut le constater, le calcul du plan des besoins matières n'est pas très complexe, mais il exige d'appliquer la démarche de manière systématique et minutieuse. Contrairement à l'établissement du PGP et du PDP, il n'y a pas de décision à prendre, on ne fait que calculer les besoins en matières qui permettront de réaliser le PDP. On remarque cependant que le PBM, pour un produit somme toute très simple comme une planche à roulettes, requiert la préparation de dix grilles distinctes; ce nombre serait encore plus élevé si d'autres composants et pièces (par exemple le composant essieu ou la planche

moulée en érable) étaient eux aussi fabriqués par D-Roll plutôt que d'être achetés tout faits. On comprend donc que pour des produits un tant soit peu complexes, la démarche de préparation du PBM doit être informatisée – c'est d'ailleurs pourquoi elle n'a été vraiment utilisée par les organisations qu'à partir du moment où ces dernières ont pu facilement avoir accès à des ordinateurs.

L'informatisation de la planification des besoins matières est d'autant plus importante que, dans les organisations, le plan va intégrer les besoins des articles requis pour la fabrication de différents produits finis. Dans l'exemple des planches à roulettes, on a additionné les besoins en écrous à différents niveaux de la nomenclature; en réalité, si les mêmes écrous sont utilisés pour la fabrication d'autres produits finis manufacturés par D-Roll, tous les besoins bruts pour ces autres produits seront additionnés et une seule réception d'écrous sera planifiée pour tous. En calculant simultanément les besoins en matières pour la réalisation des PDP de tous les produits, on peut éviter le dédoublement des besoins, optimiser la gestion des stocks et de l'approvisionnement et profiter d'économies dues aux grandes quantités commandées.

Effet des tailles de lots, des stocks en main et du jalonnement

Les grilles de PBM de la figure 5.7 permettent de constater l'effet des tailles de lots, des stocks en main et du jalonnement. Par exemple, même si le PDP prévoit le lancement de lots de 200, 250, 200 et 200 unités de planches à roulettes aux semaines 7, 8, 9 et 11, on ne commandera que deux lots de 300 unités de l'article « planche moulée en érable sept couches », et ce, aux semaines 2 et 5. Les quantités à lancer en commande ou en production sont donc très différentes des besoins bruts de départ.

On comprend mieux maintenant l'impact du jalonnement en amont sur l'horizon de préparation du plan directeur de production. Dans le cas des planches à roulettes, pour répondre à la demande prévue aux semaines 8 à 12, le PBM prévoit qu'on commencera à lancer des commandes d'achat dès la semaine 2. En fait, l'horizon de planification de ce produit fini est même plus long que cela : on peut le calculer en additionnant les délais à chacune des branches de la structure de produit, comme le montre la figure 5.8. Si l'on inclut le délai d'une semaine pour la fabrication du produit fini, on constate que la branche pour laquelle le délai total est le plus long est celle qui passe par le composant planche (délai : trois semaines) et par les planches moulées (délai : trois semaines). Le total est alors de sept semaines (3 + 3 + 1), ce qui indique qu'il faut commencer la préparation du plan directeur de production au moins sept semaines à l'avance si l'on veut avoir le temps de fabriquer toutes les composantes et de commander toutes les pièces et matières premières, puis de fabriquer le produit fini à temps pour répondre aux prévisions de ventes et aux commandes acceptées. La seule façon de réduire ce délai serait de conserver en stock de grandes quantités de toutes les pièces et composants requis pour la fabrication, ce qui entraînerait des coûts élevés; il peut néanmoins s'agir d'une tactique appropriée dans certains cas.

Figure 5.8 **Le calcul de l'horizon minimum de préparation du PDP et du PBM**

Planche à roulettes
1 semaine
Niveau 0

Vis de fixation (8) 2 semaines → 3 semaines
Écrous (8) 1 semaine → 2 semaines
Composant planche (1) 3 semaines
Plaque d'espacement (2) 1 semaine → 2 semaines
Composants roulettes (2) 2 semaines
Niveau 1

Planche moulée en érable 7 couches (1) 3 semaines → 7 semaines
Délai cumulé le plus long
Bande abrasive (1) 1 semaine → 5 semaines
Composant essieu (1) 3 semaines → 6 semaines
Roues (2) 1 semaine → 4 semaines
Roulements à billes (4) 3 semaines → 6 semaines
Écrous (2) 1 semaine → 4 semaines
Niveau 2

La détermination de l'origine des besoins

Une fois la planification des besoins matières terminée et les lancements effectués, le PBM sera utilisé pour faire le suivi des opérations. Supposons qu'à la semaine 3, le fournisseur des planches moulées en érable appelle l'acheteur de D-Roll pour le prévenir qu'il lui sera impossible de livrer les 300 unités à recevoir à la semaine 5 du PBM, mais qu'il pourra les livrer à la semaine 6. Que se passera-t-il? Pour le savoir, il faut « remonter » le PBM pour identifier l'origine des besoins et évaluer correctement l'impact de ce retard sur la possibilité de réaliser le PDP tel que prévu. Ce processus est illustré à la figure 5.9, qu'il faut lire de bas en haut.

Figure 5.9 **La détermination de l'origine des besoins**

Semaine	7	8	9	10	11	12
Réception planifiée		200	~~250~~ 225	200	0	200
Lancement planifié	200	~~250~~ 225	200	0	200	

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas
Composant planche	75	Min.150	3 Sem.	1

Semaine	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Besoin brut						200	~~250~~ 225	200	0	200	
Stock projeté					75	25	0	0	0	0	
Besoin net						125	225	200	0	200	
Réception planifiée						150	~~225~~ 200	200	0	200	
Lancement planifié			150	~~225~~ 200	200	0	200				

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas
Planche moulée en érable sept couches	350	Min.300	3 Sem.	2

Semaine	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Besoin brut			150	~~225~~ 200	200	0	200				
Stock projeté		350	200	275	75	75	175				
Besoin net			0	25	0	0	125				
Réception planifiée				300	0	0	300				
Lancement planifié	300	0	0	300							

Comme on le voit, le retard dans la livraison des 300 planches moulées n'est pas aussi catastrophique qu'il aurait pu l'être. D'abord, le nombre réel de planches moulées dont on a besoin à la semaine 5 est de 25 (le besoin net) et non de 300 : la quantité de 300 était la taille de lot minimum à commander. La première chose à faire serait donc de demander au fournisseur s'il lui est possible de nous livrer exceptionnellement 25 planches à la semaine 5 (il peut ne pas en avoir 300 mais néanmoins en avoir 25). Si oui, il n'y aura aucun impact immédiat sur le reste de notre plan. Si ce n'est pas possible, on voit qu'on a quand même en stock 200 planches moulées, ce qui nous permettra de répondre en bonne partie au besoin brut de 225 unités de la semaine 5. Il y aura cependant un impact sur le lancement de l'article-parent, le composant planche. Mais ici encore, la présence d'un petit stock de cet article (les 25 unités de stock projeté à la semaine 7), en plus d'une production partielle de 200 unités, nous permettra de répondre à une grande partie du besoin brut de 250 unités de la semaine 8. Au final, on pourrait produire 225 des 250 planches à roulettes dont le lancement était planifié à la semaine 8 du PDP. Si l'on peut contourner la taille de lot pour la fabrication du produit fini (des multiples de 50 unités), il ne nous manquera que 25 planches à roulettes. Sinon, on lancera la fabrication de 200 unités du produit fini. Le planificateur devra ensuite évaluer s'il est possible de repousser la fabrication des unités manquantes aux semaines suivantes, puis recalculer le plan des besoins matières pour refléter ce changement au PDP, et éventuellement recontacter les fournisseurs pour modifier les quantités commandées (ou s'attendre à avoir des stocks plus élevés que prévu).

Ce travail de va-et-vient pour évaluer les conséquences de tous les imprévus qui peuvent survenir et faire les changements nécessaires est un aspect essentiel du travail d'un planificateur de production. La préparation du PBM est automatisée et se fait toute seule à partir du PDP et du fichier-maître des articles, mais c'est le jugement du planificateur qui permettra de résoudre les problèmes qui surgissent au quotidien tout en respectant au mieux les objectifs stratégiques de l'entreprise. Le planificateur doit aussi être en contact constant avec les responsables des achats (qui relayent l'information des fournisseurs) et avec les responsables des ventes (pour les informer des changements éventuels au stock disponible à la vente). Dans une entreprise qui fabrique des dizaines de produits et utilise des centaines de pièces et de matières premières, il y a de quoi fournir du travail à plusieurs spécialistes de la GOL!

5.7 Synthèse du chapitre

Ce chapitre nous a amenés au cœur du travail du planificateur de production : décider des produits à fabriquer en respectant tant les prévisions de demande que la capacité disponible et, suite à cette décision, calculer les besoins en composants, pièces et matières premières puis lancer les commandes d'achat ou de fabrication au bon moment. Bien qu'une grande part de ce travail soit maintenant facilitée par les systèmes d'information (on pense par exemple aux progiciels de planification des ressources tels que *SAP*), le jugement et l'expertise du planificateur demeurent essentiels. Comme on l'a vu, la préparation du PDP et du PBM exige de tenir compte d'un ensemble de contraintes et d'objectifs et, conséquemment, d'effectuer des arbitrages. L'expérience du planificateur sera aussi précieuse lorsqu'il faudra trouver des solutions aux problèmes qui peuvent survenir.

Par ailleurs, on comprend mieux maintenant la différence entre la gestion des articles à demande dépendante, dont on peut calculer les besoins à partir du lancement planifié

des articles-parents, et la gestion des articles à demande indépendante vue au chapitre 3. Il est important toutefois de noter que ces deux formes de gestion ne sont pas incompatibles. Par exemple, il est possible d'utiliser la *QEC* ou la période économique de commande comme politique de lotissement. De plus, dans bien des entreprises, les petites fournitures de fabrication (vis, colles, fils, etc.) sont utilisées dans la fabrication de plusieurs produits et leur consommation est donc relativement constante. Donc, même s'il s'agit d'articles à demande dépendante, on pourrait les commander en utilisant soit la *QEC* jumelée à un point de réapprovisionnement à période variable, soit un niveau cible et un point de réapprovisionnement à période fixe. En enlevant ces fournitures de la préparation du PBM, on peut alléger les calculs et réduire les besoins en capacité de traitement des données.

Les notions de structure de produit et de jalonnement nous amènent également à comprendre le lien entre les modes de fabrication et la capacité de répondre rapidement à la demande. Lorsqu'on fabrique pour les stocks, le PDP doit être établi à partir des prévisions de demande; si ces prévisions s'avèrent inexactes, on se retrouve en pénurie ou, au contraire, avec des surplus de stock. De plus, l'horizon de planification du PDP doit être suffisant pour tenir compte de tous les jalonnements en amont qui seront effectués lors de la préparation du PBM. Si le produit le permet, on peut modifier la structure de produit de manière à retarder le plus possible la différenciation des divers modèles offerts aux clients. Ce principe conduit à concevoir des produits modulaires, c'est-à-dire des produits finis différents mais qui utilisent des composants similaires que l'on peut combiner au moment de l'assemblage final (on reviendra sur la conception modulaire au chapitre 8). On peut alors passer à un mode d'assemblage sur commande. Finalement, si on ne veut pas encourir les risques liés aux prévisions et au stockage, on peut opter pour la fabrication sur commande. Toutefois, il faut alors utiliser le jalonnement en aval : on part de la date de la commande et l'on y ajoute les différents délais d'approvisionnement et de fabrication pour promettre une date de livraison. On élimine les stocks de produits finis mais on allonge les délais de livraison aux clients.



Enfin, bien que l'utilité de la préparation du PDP et du PBM soit plus manifeste dans le cas des entreprises industrielles, on peut aussi les utiliser dans les entreprises de services qui réalisent des transformations sur des biens tangibles. Tout le secteur de la restauration utilise depuis longtemps la planification des besoins matières pour programmer l'achat des ingrédients et la préparation des composants d'une recette (fonds de viande, sauces, pâtes, etc.). Dans les hôpitaux, l'assemblage et la stérilisation des plateaux chirurgicaux peut aussi se faire en suivant un PBM qui part de la nomenclature spécifique à chacun des plateaux (l'ensemble des scalpels, pinces, écarteurs, etc., requis pour effectuer différents types de chirurgies).

Même s'il n'y a pas de biens qui soient transformés, les principes de planification sont aussi transférables aux services. Par exemple, dans un grand bureau comptable, on peut faire une planification globale des besoins en main-d'œuvre en fonction de la demande à différentes périodes de l'année (période des impôts, date de fin d'année financière des clients, autres mandats récurrents) et, si l'on souhaite adopter une stratégie nivelée, prévoir dans les périodes creuses des activités de formation ou de développement de services ou de marchés. À moyen terme, on pourra planifier la charge de travail liée à différents mandats, en fonction de la liste des activités qui doivent être réalisées pour chacun (l'équivalent de la nomenclature).

Questions de révision

1. Vrai ou faux?

1.1	Le plan directeur de production (PDP) et le plan des besoins matières (PBM) doivent être préparés simultanément.	
1.2	Le plan directeur de production (PDP) et le plan des besoins matières (PBM) ont le même horizon de planification.	
1.3	Lors de la préparation du PBM, la politique du lot pour lot (L × L) consiste à acheter ou à fabriquer exactement la quantité requise pour combler le besoin net.	
1.4	Les politiques de lotissement sont le résultat de décisions de la direction et elles peuvent donc être contournées si c'est nécessaire.	
1.5	Pour faire l'analyse sommaire des capacités, on additionne directement les nombres d'unités de produits finis à lancer en production déterminés lors de la préparation des grilles de PDP.	
1.6	Dans les structures de produit, les articles soumis à une demande indépendante sont ceux qui sont situés au niveau 0.	
1.7	Dans les structures de produits, les articles situés au niveau le plus bas (c'est-à-dire, le niveau dont le chiffre est le plus élevé) sont achetés ou sous-traités.	
1.8	Le passage de la ligne de réception planifiée à la ligne de lancement planifié est un exemple de jalonnement en amont.	
1.9	Lors de la préparation du PBM, on établit le besoin brut d'un article X en multipliant le besoin net de son article-parent par le nombre d'unités de X requis pour faire une unité de l'article-parent.	
1.10	Lors de l'utilisation dynamique du PDP, la réception de nouvelles commandes des clients ne se traduit pas (sauf dans des cas exceptionnels) par un changement des quantités à recevoir et à lancer en production.	
1.11	La détermination de l'origine des besoins consiste à faire à rebours l'exercice de planification des besoins matières pour évaluer les conséquences d'une pénurie de matières premières, de pièces ou de composants sur la possibilité de réaliser le PDP.	
1.12	Si un article revient à différents endroits dans la structure de produit, il faut faire une grille différente pour chaque niveau où il apparaît.	

2. Vrai ou faux?

Les questions ci-dessous portent toutes sur ce plan directeur de production, dans lequel certaines informations sont manquantes :

Produit	Taille de lot	Délai	Stock					
ABS			150					
Période	31	32	33	34	35	36	37	38
Prévisions		150	200	200	150	150	250	300
Commandes acceptées		120	250	150	110	200	25	10
Stock disponible projeté		0	0	0	50	50	0	0
Stock disponible à la vente		10		50	90			290
Réception planifiée		0	250	200	200	200	200	300
Lancement planifié	250	200	200	200	200	300		

2.1	La politique de lotissement pour le produit ABS est de commander des lots qui sont des multiples de 50 unités.	
2.2	Le délai de fabrication du produit ABS est de deux semaines.	
2.3	On a commis une erreur lors du calcul du stock disponible à la vente de la période 32; il devrait être de 30 unités et non de 10 unités.	
2.4	Il devrait y avoir un stock disponible à la vente de 175 unités à la période 37.	
2.5	À la semaine 33, on aurait dû planifier une réception de 200 unités et non de 250 unités.	
2.6	Si l'on reçoit une nouvelle commande de 60 unités à la période 38, le stock disponible à la vente de cette période deviendra 230 unités.	
2.7	On ne devrait plus accepter de nouvelles commandes pour la semaine 36.	
2.8	On ne peut pas accepter une nouvelle commande de plus de 50 unités à la semaine 34.	

Questions de discussion

1. Lors de la préparation du PDP, quelle est la différence entre avoir un stock projeté négatif et un stock disponible à la vente négatif?

2. Lors de la préparation du PBM des planches à roulette (à la section 5.6), on trouvait que pour être en mesure de recevoir le lot de produits finis prévu à la semaine 8 du PDP, il fallait commencer à commander les pièces dès la semaine 2, soit six semaines à l'avance. Pourtant, dans cette même section, on trouvait que l'horizon minimal de planification de ce produit était de sept semaines. Comment expliquer cet écart? À quelle(s) condition(s) peut-on apporter des changements au PDP dans un horizon moins long que l'horizon minimal de planification?

3. Les responsables de la gestion des opérations sont souvent en désaccord avec les responsables de la R&D et avec ceux du marketing quant à la conception des produits. En effet, ces derniers souhaitent souvent offrir une plus grande variété de produits et un maximum d'options possibles, et ce, de manière à mieux satisfaire les besoins variables des clients. Ils ont aussi tendance à vouloir constamment renouveler les produits existants en en modifiant le design pour transmettre une image d'innovation et augmenter les ventes. En quoi ces deux stratégies ont-elles une influence sur le processus de planification de la production et sur la gestion des stocks? Discutez. Vous semble-t-il possible de concilier les points de vue de la GOL et ceux de la R&D et du marketing? Si oui, comment?

4. Une entreprise qui fabrique un seul produit et a adopté une stratégie de production nivelée a-t-elle intérêt à préparer un PDP et un PBM? Discutez.

Problèmes résolus

1. Meubles Ste-Marie inc. (B)

Les deux produits les plus vendus par Meubles Ste-Marie inc. sont les tables de cuisine pliantes en bois PAM et les futons BR. Lors du processus de prévision des ventes, le directeur du marketing a établi les ventes totales des tables PAM à 7 520 unités pour le mois de juillet (semaines 27 à 30) et à 5 200 unités pour le mois d'août (semaines 31 à 34), et que les ventes totales de futons BR atteindraient 6 960 unités pour le mois de juillet à 4 880 unités pour le mois d'août. On présume que les ventes mensuelles des deux produits se répartiront de manière uniforme pendant les quatre semaines de chaque mois.

Compte tenu de la popularité de ces deux produits, une section complète de l'usine leur est consacrée. La capacité maximale de production de cette section sera de 5 300 unités équivalentes par semaine pour les semaines 26 à 29 et de 4 800 unités équivalentes par semaine pour les semaines 30 à 36. Les coûts de changement de fabrication étant très élevés dans cette section, les dirigeants de Meubles Ste-Marie inc. ont fait le choix de ne fabriquer qu'un seul type de produit par semaine. La fabrication des futons est plus exigeante que celle des tables; de ce fait, une table PAM vaut une unité équivalente et un futon BR vaut 1,75 unité équivalente. Pour des raisons techniques, les tables PAM sont fabriquées en lots de 1 000 unités réelles de produit et les futons BR, en lots de 500 unités réelles. Le délai de fabrication est d'une semaine pour les deux produits. Finalement, les deux produits étant très prisés par les clients, on cherche à éviter les pénuries, mais sans toutefois conserver trop de stocks.

Le planificateur de production doit maintenant préparer les plans directeurs de production de ces deux produits pour les mois de juillet et d'août. Les stocks prévus à la fin du mois de juin sont de 1 900 unités réelles pour les tables PAM et de 990 unités réelles pour les futons BR. Les commandes déjà acceptées par le Service des ventes pour les mois de juillet et d'août sont indiquées au tableau suivant :

Semaine	27	28	29	30	31	32	33	34
Tables PAM	1 900	1 750	1 950	1 000	800	200	50	10
Futons BR	1 300	1 150	1 810	1 220	640	20	0	0

Élaborez le plan directeur de production (PDP) répondant à la demande des mois de juillet et août et permettant de satisfaire au mieux l'ensemble des contraintes.

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	UÉ	Délai

Semaine										
Prévisions										
Commandes acceptées										
Stock projeté										
Stock disponible à la vente										
Réception planifiée										
Lancement planifié										

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	UÉ	Délai						
Semaine										
Prévisions										
Commandes acceptées										
Stock projeté										
Stock disponible à la vente										
Réception planifiée										
Lancement planifié										

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	UÉ	Délai						
Semaine										
Prévisions										
Commandes acceptées										
Stock projeté										
Stock disponible à la vente										
Réception planifiée										
Lancement planifié										

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	UÉ	Délai						
Semaine										
Prévisions										
Commandes acceptées										
Stock projeté										
Stock disponible à la vente										
Réception planifiée										
Lancement planifié										

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	UÉ	Délai						
Semaine										
Prévisions										
Commandes acceptées										
Stock projeté										
Stock disponible à la vente										
Réception planifiée										
Lancement planifié										

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	UÉ	Délai

Semaine										
Prévisions										
Commandes acceptées										
Stock projeté										
Stock disponible à la vente										
Réception planifiée										
Lancement planifié										

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	UÉ	Délai

Semaine										
Prévisions										
Commandes acceptées										
Stock projeté										
Stock disponible à la vente										
Réception planifiée										
Lancement planifié										

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	UÉ	Délai

Semaine										
Prévisions										
Commandes acceptées										
Stock projeté										
Stock disponible à la vente										
Réception planifiée										
Lancement planifié										

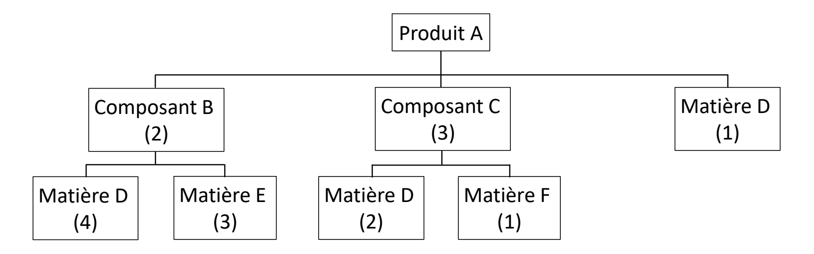
Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	UÉ	Délai

Semaine										
Prévisions										
Commandes acceptées										
Stock projeté										
Stock disponible à la vente										
Réception planifiée										
Lancement planifié										

2. Le produit A

Francis doit planifier les différents lancements (commandes et fabrication à lancer) qui permettront de réaliser le plan directeur de production du produit A pour les semaines 32 à 36. Ce PDP s'établit comme suit :

Semaine	32	33	34	35	36
Lancement planifié	200	50	250	150	100



Par ailleurs, le fichier-maître des articles permet d'obtenir les informations suivantes :

Produit	En stock	Délai	Taille de lot
Composant B	200	3 semaines	× 500
Composant C	3 450	1 semaine	Min. 10 000
Matière D	2 600	2 semaines	× 5 000
Matière E	700	1 semaine	Min. 1 000
Matière F	0	5 semaines	L × L

Aidez Francis à préparer le plan des besoins matières.

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas

Semaine											
Besoin brut											
Stock projeté											
Besoin net											
Réception planifiée											
Lancement planifié											

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas

Semaine											
Besoin brut											
Stock projeté											
Besoin net											
Réception planifiée											
Lancement planifié											

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas							
Semaine											
Besoin brut											
Stock projeté											
Besoin net											
Réception planifiée											
Lancement planifié											

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas							
Semaine											
Besoin brut											
Stock projeté											
Besoin net											
Réception planifiée											
Lancement planifié											

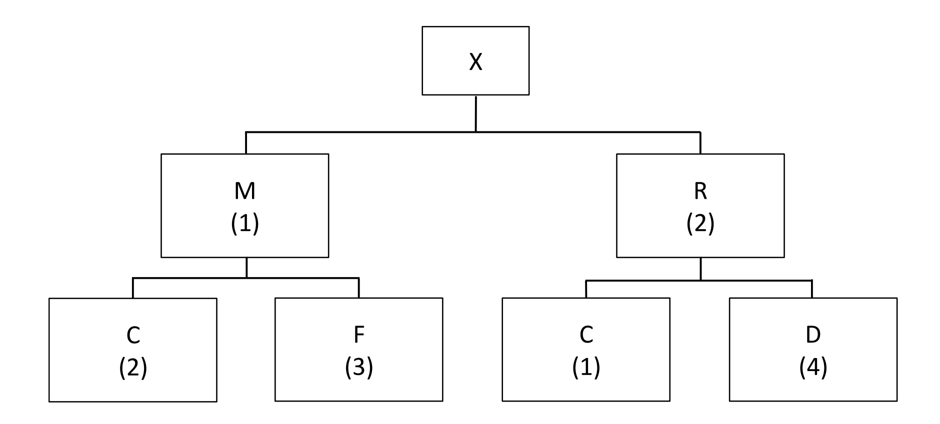
Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas							
Semaine											
Besoin brut											
Stock projeté											
Besoin net											
Réception planifiée											
Lancement planifié											

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas							
Semaine											
Besoin brut											
Stock projeté											
Besoin net											
Réception planifiée											
Lancement planifié											

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas							
Semaine											
Besoin brut											
Stock projeté											
Besoin net											
Réception planifiée											
Lancement planifié											

3. Synthéco inc.

Synthéco inc. est une grande entreprise du secteur de la chimie de synthèse. Elle fabrique des composés de très grande pureté destinés à l'industrie pharmaceutique. Un de ses produits vedettes est le composé « X », qui est fabriqué de la façon suivante :



Le temps de synthèse des composés M et R est d'une semaine. Cependant, le composé M doit être synthétisé à raison de 2 500 kg à la fois, alors que le composé R peut être synthétisé selon les besoins (lot pour lot). Le délai de livraison du produit D est de deux semaines, mais celui des produits C et F n'est que de quelques heures (on peut donc les considérer comme négligeables). Toutefois, les produits C et F sont très instables et ne peuvent être conservés sous leur forme pure plus de deux semaines. Heureusement, les composés M et R sont très stables. Pour l'instant, les produits C et F sont achetés selon la politique du lot pour lot, alors que le produit D est acheté en quantité minimale de 25 000 kg. L'entreprise dispose actuellement des stocks suivants : M, 2 000 kg; R, 4 000 kg; D, 500 kg.

Le plan directeur du produit X est le suivant :

Semaine	4	5	6	7	8	9
Lancement planifié	6 000 kg	4 000 kg	0 kg	1 000 kg	2 000 kg	5 000 kg

3.1 Préparez le plan des besoins matières qui permettra de réaliser le PDP.

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas

Semaine											
Besoin brut											
Stock projeté											
Besoin net											
Réception planifiée											
Lancement planifié											

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas

Semaine											
Besoin brut											
Stock projeté											
Besoin net											
Réception planifiée											
Lancement planifié											

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas

Semaine											
Besoin brut											
Stock projeté											
Besoin net											
Réception planifiée											
Lancement planifié											

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas

Semaine											
Besoin brut											
Stock projeté											
Besoin net											
Réception planifiée											
Lancement planifié											

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas							
Semaine											
Besoin brut											
Stock projeté											
Besoin net											
Réception planifiée											
Lancement planifié											

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas							
Semaine											
Besoin brut											
Stock projeté											
Besoin net											
Réception planifiée											
Lancement planifié											

3.2 Étant donné la grande instabilité du produit C et les dangers qui découlent de sa manipulation, le fournisseur de ce produit avertit Synthéco inc. qu'il n'acceptera désormais aucune commande de moins de 20 000 kg. Quelles seront les conséquences de cette nouvelle politique sur le plan des besoins matières préparé précédemment? Préparez la nouvelle grille de PBM du produit C.

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas							
Semaine											
Besoin brut											
Stock projeté											
Besoin net											
Réception planifiée											
Lancement planifié											

3.3 Selon les données précédentes, s'il est impossible de trouver un autre fournisseur pour le produit C, que pourrait faire Synthéco inc.?

4. L'entreprise C-Bio

C-Bio est une entreprise se spécialisant dans la fabrication de mets préparés et surgelés vendus en épicerie. Les trois plats vedettes de l'entreprise, les *Kyoto, Boréal* et *Océan*, sont fabriqués dans l'atelier-cuisine de Saint-Lambert.

À l'aide du plan global développé pour l'année, on procède à l'élaboration du plan détaillé pour les six dernières semaines de l'année. On trouvera ci-dessous le plan préliminaire développé par le directeur des opérations :

Kyoto

Semaine	47	48	49	50	51	52
Prévisions	2 000	1 800	1 500	1 500	2 100	1 200
Commandes acceptées	2 400	2 000	1 600	1 400	1 500	600
Réception planifiée	2 000	2 000	2 000	1 000	3 000	1 000

Boréal

Semaine	47	48	49	50	51	52
Prévisions	1 200	1 200	800	800	600	600
Commandes acceptées	1 400	1 300	1 100	1 000	500	500
Réception planifiée	2 000		2 000		2 000	

Océan

Semaine	47	48	49	50	51	52
Prévisions	2 000	800	800	800	1 000	400
Commandes acceptées	600	500	300	300	400	
Réception planifiée			2 000		2 000	

Une fois le plan préliminaire terminé, le directeur des opérations s'assure que l'ensemble des contraintes de capacité sont respectées. Pour les six dernières semaines de l'année, la capacité est de 6 000 unités équivalentes par semaine. Il est à noter que :

- Le Kyoto représente 1 unité équivalente;
- Le Boréal représente 1,5 unité équivalente;
- L'Océan représente 3 unités équivalentes.

Les trois produits sont préparés en lots de tailles fixes : le Kyoto est préparé en lots de 1 000 unités réelles, alors que les Boréal et Océan sont produits en lots de 2 000 unités réelles. Le délai de fabrication est très court et on peut le considérer comme étant de zéro, c'est-à-dire que les lancements planifiés et les réceptions planifiées se produisent dans la même semaine. Les stocks disponibles à la fin de la semaine 46 sont respectivement de 500, 1 000 et 3 000 unités.

Étant donné la durée de conservation relativement courte des produits, l'entreprise désire minimiser les stocks, tout en évitant les pénuries. Toutefois, en forte saison, des pénuries peuvent être tolérées sur le produit le moins coûteux.

4.1 Préparez le plan sommaire des capacités du plan préliminaire en remplissant la grille ci-dessous.

Planification sommaire des capacités

Semaine	47	48	49	50	51	52
Capacité requise pour Kyoto						
Capacité requise pour Boréal						
Capacité requise pour Océan						
Capacité totale requise						
Capacité disponible						

4.2 À la lumière de ces informations, préparez de nouveaux programmes directeurs de production qui respectent les contraintes de capacité disponible, en utilisant les grilles ci-dessous.

Grille de PDP

Article	Taille de lot	Délai	En stock
Kyoto			

Semaine	47	48	49	50	51	52
Prévision	2 000	1 800	1 500	1 500	2 100	1 200
Commandes acceptées	2 400	2 000	1 600	1 400	1 500	600
Stock projeté						
Stock disponible à la vente						
Réception planifiée						
Lancement planifié						

Article	Taille de lot	Délai	En stock
Boréal			

Semaine	47	48	49	50	51	52
Prévisions	1 200	1 200	800	800	600	600
Commandes acceptées	1 400	1 300	1 100	1 000	500	500
Stock projeté						
Stock disponible à la vente						
Réception planifiée						
Lancement planifié						

Article	Taille de lot	Délai	En stock
Océan			

Semaine	47	48	49	50	51	52
Prévisions	2 000	800	800	800	1 000	400
Commandes acceptées	600	500	300	300	400	
Stock projeté						
Stock disponible à la vente						
Réception planifiée						
Lancement planifié						

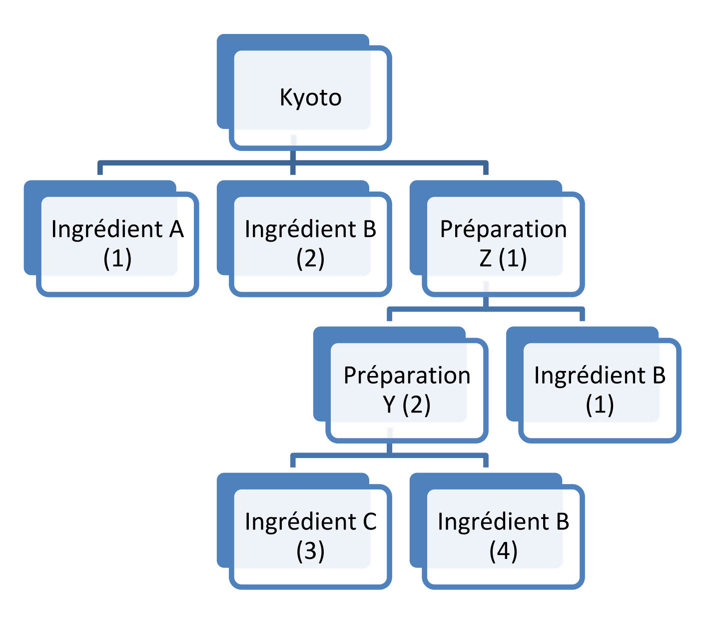
PLANIFICATION SOMMAIRE DES CAPACITÉS

Semaine	47	48	49	50	51	52
Capacité requise pour Kyoto						
Capacité requise pour Boréal						
Capacité requise pour Océan						
Capacité totale requise						
Capacité disponible						

5. L'entreprise C-Bio : le PBM du produit Kyoto

L'acheteur de C-Bio s'affaire maintenant à préparer les commandes des semaines à venir. Il dispose à cette fin de l'information suivante concernant le plat préparé *Kyoto* :

Nomenclature du produit



Fichier maître des stocks

Articles	Stock de début	Taille du lot	Délai (semaines)
Kyoto	0	X 1 000	0
Ingrédient A	50	L x L	3
Ingrédient B	0	3 semaines	1
Ingrédient C	96	X 144	2
Préparation Y	2 500	Min. 1 500	2
Préparation Z	2 500	X 1 000	1

Note : Afin de préserver le secret de la recette, le nom des articles a été modifié.

Le PDP du Kyoto pour les semaines 41 à 46 nous donne l'information suivante :

Semaine	41	42	43	44	45	46
Lancement planifié				2 000	2 000	1 000

5.1 Quel est l'horizon de planification minimum du plat Kyoto?

5.2 En fonction de l'ensemble des informations fournies, complétez la grille de planification des besoins matières pour l'ingrédient B. Utilisez toutes les grilles nécessaires pour y arriver.

Article	Taille de lot	Délai	En stock

Semaine	41	42	43	44	45	46
Besoin brut total						
Stock disp. projeté						
Besoin net						
Réception planifiée						
Lancement planifié						

Article	Taille de lot	Délai	En stock

Semaine	41	42	43	44	45	46
Besoin brut total						
Stock disp. projeté						
Besoin net						
Réception planifiée						
Lancement planifié						

Article	Taille de lot	Délai	En stock

Semaine	41	42	43	44	45	46
Besoin brut total						
Stock disp. projeté						
Besoin net						
Réception planifiée						
Lancement planifié						

6. Les réflecteurs *Cassio*



L'entreprise *Idée Lumineuse Inc.* fabrique différents modèles de réflecteurs sur rail. On prépare présentement le PBM des deux types de réflecteurs *Cassio*, le *Cassio A* et le *Cassio B*. On peut voir ci-dessous le produit *Cassio B.*

Les PDP (lancement planifié) des deux types de réflecteurs sont les suivants :

semaine	8	9	10	11	12
Lancement planifié Cassio A	200		300	200	
Lancement planifié Cassio B		250	100		150

Comme les deux types de réflecteurs partagent plusieurs composants communs, leurs PBM sont préparés ensemble. Le logiciel de préparation du PBM a permis d'obtenir les plans suivants :

Composant / pièce	Stock départ	Taille de lot	Délai	Niveau + bas
Fixation de plafond	400	Min 500	1	

semaine	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Besoin brut total						200	250	400	200	150
Stock projeté					400	200	450	50	350	200
Besoin net						0	50	0	150	0
Réception planifiée							500		500	
Lancement planifié						500		500		

Composant / pièce	Stock départ	Taille de lot	Délai	Niveau + bas
Barre courte	0	X 50	2	

semaine	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Besoin brut total						200		300	200	
Stock projeté					0	0	0	0	0	
Besoin net						200	0	300	200	
Réception planifiée						200		300	200	
Lancement planifié				200		300	200			

Composant / pièce	Stock départ	Taille de lot	Délai	Niveau + bas
Barre longue	40	X 70	2	

semaine	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Besoin brut total							250	100		150
Stock projeté						40	0	40	40	40
Besoin net							210	100	0	110
Réception planifiée							210	140		140
Lancement planifié					210	140		140		

Composant / pièce	Stock départ	Taille de lot	Délai	Niveau + bas
Module réflecteur Cassio	800	X 1 000	3	

semaine	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Besoin brut total						400	750	900	400	450
Stock projeté					800	400	650	750	350	900
Besoin net						0	350	250	0	100
Réception planifiée							1 000	1 000		1 000
Lancement planifié				1 000	1 000	0	1 000			

Composant / pièce	Stock départ	Taille de lot	Délai	Niveau + bas
Abat-jour Cassio	2 500	X 3 000	2	

semaine	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Besoin brut total				1 000	1 000		1 000			
Stock projeté			2 500	1 500	500	500	2 500			
Besoin net				0	0	0	500			
Réception planifiée							3 000			
Lancement planifié					3 000					

Composant / pièce	Stock départ	Taille de lot	Délai	Niveau + bas
Connecteurs # 178	800	Min 3 000	3	

semaine	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Besoin brut total				4 000	4 000		4 000			
Stock projeté			800	800	800	800	800			
Besoin net				2 200	2 200	0	2 200			
Réception planifiée				3 000	3 000		3 000			
Lancement planifié	3 000	3 000		3 000						

François-Nicolas, nouvellement nommé responsable de la planification des réflecteurs sur rail, aimerait bien consulter la nomenclature de chaque produit, mais il ne parvient pas à les retrouver dans le fouillis laissé par la personne qui faisait le travail avant lui. Aidez-le à déterminer la nomenclature de chacun des deux produits (Cassio A et Cassio B), et représentez-les sous forme d'arborescences (structure de produit).

Problèmes non résolus

1. Québécom inc.

Québécom inc. est un fabricant d'appareils de télécommunications. Une cellule de fabrication est consacrée à la production des deux modèles les plus vendus, soit le LONGINE (4 unités équivalentes) et le TELVIT (2,5 unités équivalentes). La capacité hebdomadaire de cette cellule de fabrication est normalement de 1 200 unités équivalentes. Toutefois, pendant les semaines 29 et 30, l'usine sera fermée pour les vacances de la construction (le bureau des ventes, l'entrepôt et l'expédition demeurent ouverts). Le délai de fabrication du modèle Longine est de deux semaines, alors que celui du modèle Telvit est d'une semaine. Puisqu'il s'agit de produits importants, on désire pouvoir faire face à des hausses imprévues de la demande en conservant en stock environ 100 unités réelles de chacun des deux produits.

Jean-François Lemire, planificateur de production chez Québécom inc. vient de recevoir les prévisions de ventes pour les semaines 25 à 32. Aidez-le à préparer le PDP qui lui permettra de répondre au mieux à la demande sans accumuler de stocks inutiles.

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	UÉ	Délai
Telvit	130	L × L		

Semaine	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Prévisions			200	200	180	180	120	120	145	145
Commandes acceptées			180	230	140	80		30	40	
Stock projeté										
Stock disponible à la vente										
Réception planifiée										
Lancement planifié										

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	UÉ	Délai
Longine	85	L × L		

Semaine	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Prévisions			110	110	130	130	80	80	90	150
Commandes acceptées			115	125	110	80	80	20		50
Stock projeté										
Stock disponible à la vente										
Réception planifiée										
Lancement planifié										

Analyse sommaire des capacités										

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	UÉ	Délai
Telvit	130	L × L		

Semaine	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Prévisions			200	200	180	180	120	120	145	145
Commandes acceptées			180	230	140	80		30	40	
Stock projeté										
Stock disponible à la vente										
Réception planifiée										
Lancement planifié										

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	UÉ	Délai
Longine	85	L × L		

Semaine	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Prévisions			110	110	130	130	80	80	90	150
Commandes acceptées			115	125	110	80	80	20		50
Stock projeté										
Stock disponible à la vente										
Réception planifiée										
Lancement planifié										

Analyse sommaire des capacités										

1.1 Selon les plans finaux ci-dessus, est-il possible d'accepter une nouvelle commande de 30 unités du produit Longine à la semaine 26? Est-il possible d'accepter une nouvelle commande de 100 unités à la semaine 31?

1.2 Nous sommes maintenant au début de la semaine 24 et aucune nouvelle commande n'a été reçue depuis la préparation du PDP du produit Telvit. Jean-François reçoit un appel du Service des ventes, qui lui demande s'il est possible d'accepter une commande exceptionnelle de 200 unités de Telvit à la semaine 29. La commande provient d'une entreprise qu'on tente depuis longtemps d'attirer comme client. Que devrait répondre Jean-François?

2. Érable et noix

Voici le plan directeur de production (PDP) du produit Érable, où certaines informations sont manquantes :

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	UÉ	Délai						
Érable	500		2							
Semaine	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Prévisions				200	200	200	200	200	250	250
Commandes acceptées				100	250	200	150	250	25	5
Stock projeté										
Stock disponible à la vente										
Réception planifiée						200	200	200	250	250
Lancement planifié				200	200	200	250	250		

2.1 Calculez les stocks projetés et les stocks disponibles à la vente. Quelle est la politique de lotissement du produit Érable? Quel est son délai de fabrication?

2.2 Pourrait-on accepter une nouvelle commande de 100 unités à la semaine 15? Justifiez votre réponse.

L'entreprise qui fabrique le produit précédent (Érable) fabrique sur la même ligne de production le produit Noix. Le tableau suivant présente le PDP du produit Noix pour les périodes 10 à 16 :

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	UÉ	Délai
Noix	300	L × L	1	1

Semaine	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Prévisions				200	200	100	0	100	0	200
Commandes acceptées				100	150	50	0	50	0	100
Stock projeté				100	0	0	0	0	0	0
Stock disponible à la vente										
Réception planifiée					100	100		100		200
Lancement planifié				100	100		100		200	

2.3 Considérant le nombre d'unités équivalentes que représente chacun des produits, effectuez la planification sommaire des capacités. La capacité totale de la ligne de production sur laquelle sont fabriqués les deux produits est de 500 unités équivalentes par semaine.

Analyse sommaire des capacités										

2.4 Considérant que les frais de stockage d'ÉRABLE sont supérieurs à ceux de NOIX et que par conséquent on évite autant que possible le stockage du produit ÉRABLE, présentez pour chacun des deux produits un PDP qui permettrait de respecter la limite de capacité de 500 unités équivalentes par période.

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	UÉ	Délai
Érable	500		2	

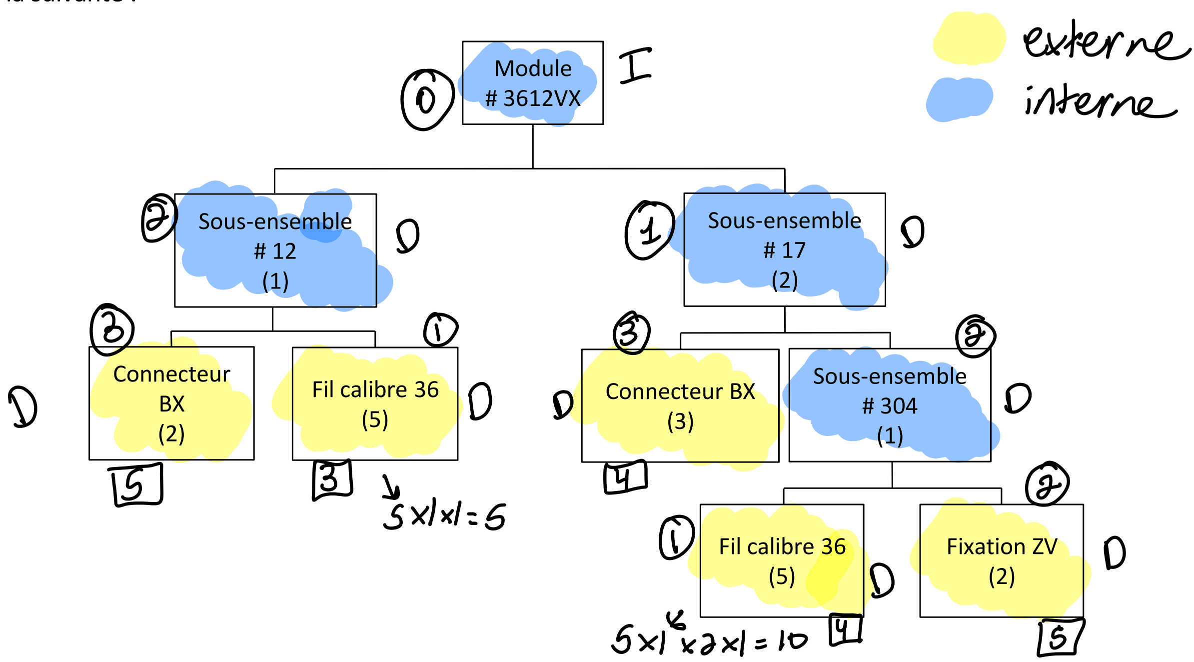
Semaine	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Prévisions				200	200	200	200	200	250	250
Commandes acceptées				100	250	200	150	250	25	5
Stock projeté										
Stock disponible à la vente										
Réception planifiée										
Lancement planifié										

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	UÉ	Délai
Noix	300	L × L	1	1

Semaine	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Prévisions				200	200	100	0	100	0	200
Commandes acceptées				100	150	50	0	50	0	100
Stock projeté										
Stock disponible à la vente										
Réception planifiée										
Lancement planifié										

3. Modules électriques Turner inc.

Comme son nom l'indique, l'entreprise Modules électriques Turner inc. fabrique de petits modules électriques utilisés dans la fabrication de lampes et de divers petits appareils électriques. Karyne Turner, fille du propriétaire et planificatrice de production, doit préparer le plan des besoins matières du module # 3612VX, dont la structure est la suivante :



Le plan directeur de production indique que les quantités suivantes du module # 3612 VX devront être lancées en production à partir de la semaine 8 (note : toutes les quantités sont en milliers d'unités) :

- semaine 8 : 50
- semaine 9 : 0
- semaine 10 : 20
- semaine 11 : 60
- semaine 12 : 100

De plus, vous disposez des informations suivantes concernant les sous-ensembles et les pièces (les stocks en main et les tailles de lots sont aussi en milliers d'unités) :

Article	Délai	Stock en main	Taille de lot
Sous-ensemble # 12	2 semaines	30	× 50
Sous-ensemble # 17	1 semaine	50	Lot pour lot
Sous-ensemble # 304	2 semaines	20	× 60
Connecteur BX	3 semaines	0	2 semaines
Fil calibre 36	1 semaine	0	Lot pour lot
Fixation ZV	2 semaines	60	Minimum 200

à l'interne

3.1 Parmi les éléments faisant partie de la nomenclature, lesquels sont fabriqués par Modules électriques Turner inc. et lesquels sont achetés à l'extérieur?

Interne
bleu

Externe
jaune

3.2 Parmi les éléments faisant partie de la nomenclature, lesquels sont soumis à une demande dépendante et lesquels sont soumis à une demande indépendante?

D I

3.3 Combien faut-il d'unités de fil calibre 36 pour fabriquer un module # 3612VX?

15

3.4 Selon les informations dont on dispose, et si le délai d'assemblage du produit fini est égal à zéro, quel devrait être (au minimum) l'horizon de planification du PDP du module # 3612VX?

5 semaines

3.5 Un de vos collègues vous suggère de calculer le besoin brut des connecteurs BX en multipliant par 8 le lancement planifié des modules # 3612VX. Que pensez-vous de cette idée?

3.6 Préparez le plan des besoins matières qui permettra de respecter le PDP.

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas
Sous-ensemble #12	30	x50		

Semaine											
Besoin brut											
Stock projeté											
Besoin net											
Réception planifiée											
Lancement planifié											

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas
Sous-ensemble #17				

Semaine											
Besoin brut											
Stock projeté											
Besoin net											
Réception planifiée											
Lancement planifié											

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas

Semaine											
Besoin brut											
Stock projeté											
Besoin net											
Réception planifiée											
Lancement planifié											

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas

Semaine											
Besoin brut											
Stock projeté											
Besoin net											
Réception planifiée											
Lancement planifié											

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas

Semaine											
Besoin brut											
Stock projeté											
Besoin net											
Réception planifiée											
Lancement planifié											

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas

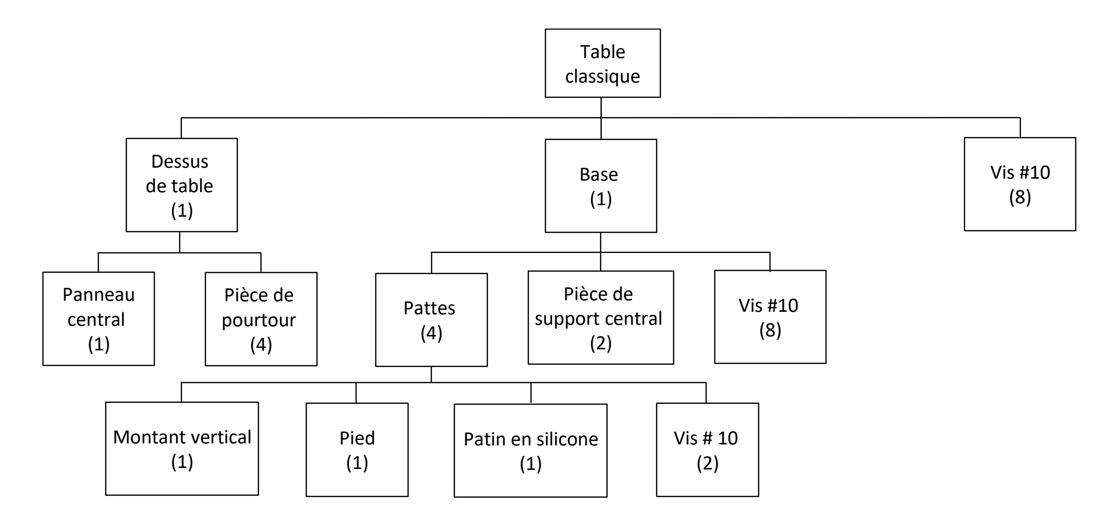
Semaine											
Besoin brut											
Stock projeté											
Besoin net											
Réception planifiée											
Lancement planifié											

4. À table inc.

L'entreprise À table inc. est spécialisée dans la fabrication de tables pour les bars et les institutions. Un de ses produits principaux est la table « classique », fabriquée en plusieurs couleurs et finis :



La structure de produit est la suivante :



Le fichier-maître des articles fournit les informations suivantes :

Nom de l'article	Stock de début	Délai	Taille de lot
Dessus de table	0	3 sem.	Min. 2 000
Base	200	1 sem.	Min. 2 000
Vis # 10	1 000	4 sem.	× 10 000
Panneau central	0	2 sem.	Lot × lot
Pièce de pourtour	0	2 sem.	Lot × lot
Patte	4 200	2 sem.	Min. 5 000
Pièce de support central	800	2 sem.	Lot × lot
Montant vertical	500	2 sem.	Lot × lot
Pied	500	1 sem.	Lot × lot
Patin de silicone	3 200	3 sem.	× 5 000

4.1 Parmi les éléments faisant partie de la structure de la table classique, lesquels sont fabriqués par À table inc. et lesquels sont achetés (ou sous-traités)?

4.2 Parmi les éléments faisant partie de la structure de la table classique, lesquels sont soumis à une demande dépendante et lesquels sont soumis à une demande indépendante?

4.3 Combien faut-il de vis # 10 pour fabriquer une unité de la table classique?

4.4 Selon les informations fournies, et si le délai de fabrication de la table classique est d'une semaine, quel devrait être (au minimum) l'horizon de planification du plan directeur de production de la table classique?

4.5 Le PDP (lancements planifiés) de la table classique pour les semaines 16 à 20 est le suivant :

Semaine	16	17	18	19	20
Lancement planifié	600	0	800	1 200	400

Préparez le plan des besoins matières qui permettra de respecter le PDP.

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas

Semaine											
Besoin brut											
Stock projeté											
Besoin net											
Réception planifiée											
Lancement planifié											

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas

Semaine											
Besoin brut											
Stock projeté											
Besoin net											
Réception planifiée											
Lancement planifié											

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas

Semaine											
Besoin brut											
Stock projeté											
Besoin net											
Réception planifiée											
Lancement planifié											

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas

Semaine											
Besoin brut											
Stock projeté											
Besoin net											
Réception planifiée											
Lancement planifié											

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas

Semaine											
Besoin brut											
Stock projeté											
Besoin net											
Réception planifiée											
Lancement planifié											

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas

Semaine											
Besoin brut											
Stock projeté											
Besoin net											
Réception planifiée											
Lancement planifié											

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas

Semaine											
Besoin brut											
Stock projeté											
Besoin net											
Réception planifiée											
Lancement planifié											

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas							
Semaine											
Besoin brut											
Stock projeté											
Besoin net											
Réception planifiée											
Lancement planifié											

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas							
Semaine											
Besoin brut											
Stock projeté											
Besoin net											
Réception planifiée											
Lancement planifié											

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas							
Semaine											
Besoin brut											
Stock projeté											
Besoin net											
Réception planifiée											
Lancement planifié											

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas							
Semaine											
Besoin brut											
Stock projeté											
Besoin net											
Réception planifiée											
Lancement planifié											

4.6 À la semaine 12, le sous-traitant qui fabrique les patins de silicone de la table classique vous téléphone pour vous prévenir qu'il ne sera pas en mesure de livrer les unités dont la réception était planifiée à la semaine 13 de votre PBM. Quelles sont les conséquences de cette information sur la réalisation du PDP?

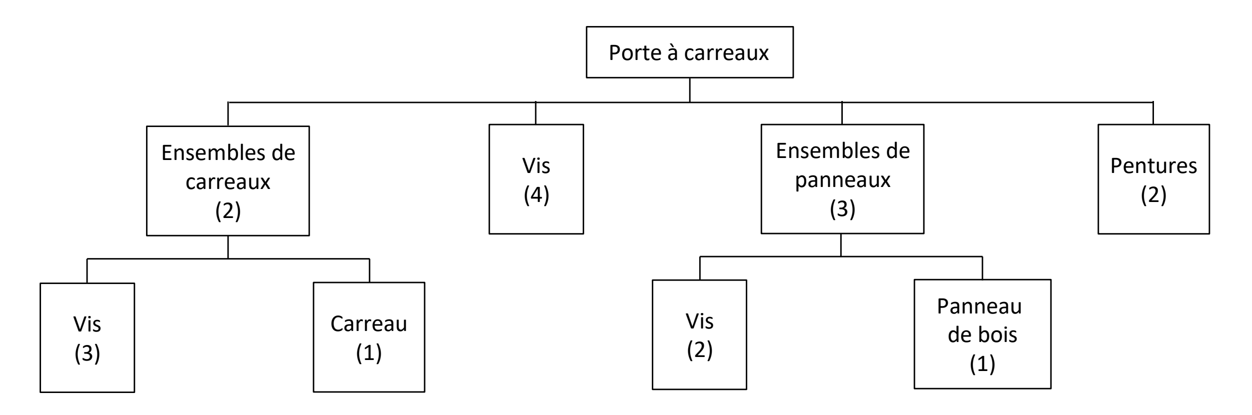


5. Les portes Femplast

L'entreprise Femplast fabrique des portes pour la construction résidentielle. Isabelle Grondin s'apprête à préparer le plan des besoins matières pour les portes à carreaux de l'usine, de manière à pouvoir respecter le PDP des portes à carreaux pour le mois de mars :

Semaine	9	10	11	12
Lancement planifié	100	150	150	50

La structure de la porte à carreaux est la suivante :



Enfin, le fichier-maître des articles fournit les informations suivantes :

Nom de l'article	Stock de début	Délai	Taille de lot
Ensembles de carreaux	150	3 sem.	Min. 100
Ensembles de panneaux	0	1 sem.	Lot × Lot
Carreaux	75	2 sem.	× 500
Panneaux de bois	0	3 sem.	Min. 500
Pentures	200	1 sem.	Min. 200
Vis	350	2 sem.	× 400

5.1 Selon les informations fournies, et si le délai de fabrication des portes à carreaux est d'une semaine, quel devrait être (au minimum) l'horizon de planification du plan directeur de production de ces portes?

5.2 Préparez le plan des besoins matières pour les vis. Utilisez toutes les grilles nécessaires à cette fin.

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas

Semaine											
Besoin brut											
Stock projeté											
Besoin net											
Réception planifiée											
Lancement planifié											

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas

Semaine											
Besoin brut											
Stock projeté											
Besoin net											
Réception planifiée											
Lancement planifié											

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas

Semaine											
Besoin brut											
Stock projeté											
Besoin net											
Réception planifiée											
Lancement planifié											

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas

Semaine											
Besoin brut											
Stock projeté											
Besoin net											
Réception planifiée											
Lancement planifié											

6. L'entreprise Rollem

L'entreprise Rollem assemble des scooters dans son usine de Saint-Léonard. La principale chaîne de production sert à la fabrication de trois modèles différents : *L'Urbain*, *Le Citadin* et *Le Tout-Terrain*. Ces scooters étant vendus partout dans le monde, la demande connaît peu de saisonnalités et est relativement stable à court terme. Le plan préliminaire a déjà été complété pour les deux mois à venir (voir ci-dessous).

URBAIN (LOT : X 1 000)

Semaine	1	2	3	4	5	6	7	8
Prévisions	800	800	800	800	800	800	800	800
Commandes acceptées	1 400	800	600	1 200	600	200	800	600
Réception planifiée				2 000		1 000	1 000	1 000
Lancement planifié		2 000		1 000	1 000	1 000		

CITADIN (LOT : X 1 000)

Semaine	1	2	3	4	5	6	7	8
Prévisions	600	600	600	600	600	600	600	600
Commandes acceptées	400	200	600	800	700	400	800	400
Réception planifiée		1 000		1 000	1 000		1 000	1 000
Lancement planifié	1 000		1 000	1 000		1 000	1 000	

TOUT-TERRAIN (LOT : X 2 000)

Semaine	1	2	3	4	5	6	7	8
Prévisions	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
Commandes acceptées	2 000	1 000	800	2 000	1 000	800	3 000	2 000
Réception planifiée				2 000	2 000		4 000	2 000
Lancement planifié			2 000	2 000		4 000	2 000	

La capacité de production du premier mois (semaines 1 à 4) est de 20 000 unités équivalentes (c'est-à-dire 5 000 UÉ par semaine), alors que celle du deuxième mois (semaines 5 à 8) est de 24 000 unités équivalentes (c'est-à-dire 6 000 UÉ par semaine).

6.1 Complétez l'étape de planification sommaire des capacités et préparer les plans finaux des trois produits, et ce de manière à respecter les contraintes de capacité.

Semaine	1	2	3	4	5	6	7	8
Urbain (2 UÉ)								
Citadin (1,5 UÉ)								
Tout-Terrain (1,5 UÉ)								
Capacité totale requise								
Capacité disponible								
Écart								

PLANS FINAUX

Produit	Taille de lot	Stock en main	Délai	U.É.
Urbain	X 1 000	3 000	2	2

Semaine	1	2	3	4	5	6	7	8
Prévisions	800	800	800	800	800	800	800	800
Commandes acceptées	1 400	800	600	1 200	600	200	800	600
Stock projeté								
Stock dispo. à la vente								
Réception planifiée								
Lancement planifié								

Produit	Taille de lot	Stock en main	Délai	U.É.
Citadin	X 1 000	1 000	1	1,5

Semaine	1	2	3	4	5	6	7	8
Prévisions	600	600	600	600	600	600	600	600
Commandes acceptées	400	200	600	800	700	400	800	400
Stock projeté								
Stock dispo. à la vente								
Réception planifiée								
Lancement planifié								

Produit	Taille de lot	Stock en main	Délai	U.É.
Tout-Terrain	X 2 000	4 000	1	1,5

Semaine	1	2	3	4	5	6	7	8
Prévisions	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
Commandes acceptées	2 000	1 000	800	2 000	1 000	800	3 000	2 000
Stock projeté								
Stock dispo. à la vente								
Réception planifiée								
Lancement planifié								

SOMMAIRE DES CAPACITÉS

Semaine	1	2	3	4	5	6	7	8
Urbain								
Citadin								
Tout-Terrain								
Capacité totale requise								
Capacité disponible								

6.2 Le service des ventes vous avise qu'une commande de 600 unités du *Tout-Terrain* prévue pour la semaine 5 vient d'être annulée. Quel sera l'impact de cette annulation sur le stock projeté ainsi que sur le stock disponible à la vente?

7. Les petits électroménagers

Une entreprise canadienne bien connue fabrique de petits appareils électroménagers. Trois produits sont fabriqués sur la même chaîne d'assemblage : les mini robots, les robots culinaires et les mélangeurs. Les ventes prévues et les commandes déjà reçues pour ces trois produits sont les suivantes :

MINI ROBOT

Semaine	9	10	11	12	13	14	15	16
Prévisions				450	400	400	300	200
Commandes acceptées				200	300	125	50	0

ROBOT CULINAIRE

Semaine	9	10	11	12	13	14	15	16
Prévisions				200	250	250	300	350
Commandes acceptées				230	130	0	50	0

MÉLANGEUR

Semaine	9	10	11	12	13	14	15	16
Prévisions				400	450	500	400	300
Commandes acceptées				240	210	150	50	0

Le fichier-maître des stocks fournit les informations suivantes :

Produit	Nombre d'unités équivalentes	Délai d'assemblage	Taille de lot	Stock projeté à la semaine 11
Mini robot	1 UÉ	1 semaine	X 500 unités	500 unités
Robot culinaire	3 UÉ	2 semaines	X 200 unités	320 unités
Mélangeur	3 UÉ	2 semaines	Min. 400 unités	30 unités

7.1 Préparer le plan préliminaire de production pour chacun des trois produits

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	U.É.	Délai

Semaine										
Prévisions										
Commandes acceptées										
Stock projeté										
Stock disponible à la vente										
Réception planifiée										
Lancement planifié										

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	U.É.	Délai

Semaine										
Prévisions										
Commandes acceptées										
Stock projeté										
Stock disponible à la vente										
Réception planifiée										
Lancement planifié										

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	U.É.	Délai

Semaine										
Prévisions										
Commandes acceptées										
Stock projeté										
Stock disponible à la vente										
Réception planifiée										
Lancement planifié										

7.2 Pour les semaines 9 à 16, la capacité disponible pour fabriquer les trois produits est la suivante :

Semaine	9	10	11	12	13	14	15	16
Capacité totale en unités équivalentes	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500

Faites l'analyse sommaire des capacités pour les trois PDP que vous avez établis. Est-il possible de réaliser vos trois plans?

Analyse sommaire des capacités										

7.3 Établissez le plan directeur final pour les trois produits, de manière à satisfaire au mieux la demande et les commandes reçues, tout en respectant les limites de capacité.

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	U.É.	Délai

Semaine										
Prévisions										
Commandes acceptées										
Stock projeté										
Stock disponible à la vente										
Réception planifiée										
Lancement planifié										

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	U.É.	Délai

Semaine										
Prévisions										
Commandes acceptées										
Stock projeté										
Stock disponible à la vente										
Réception planifiée										
Lancement planifié										

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	U.É.	Délai

Semaine										
Prévisions										
Commandes acceptées										
Stock projeté										
Stock disponible à la vente										
Réception planifiée										
Lancement planifié										

8. Le problème des classeurs

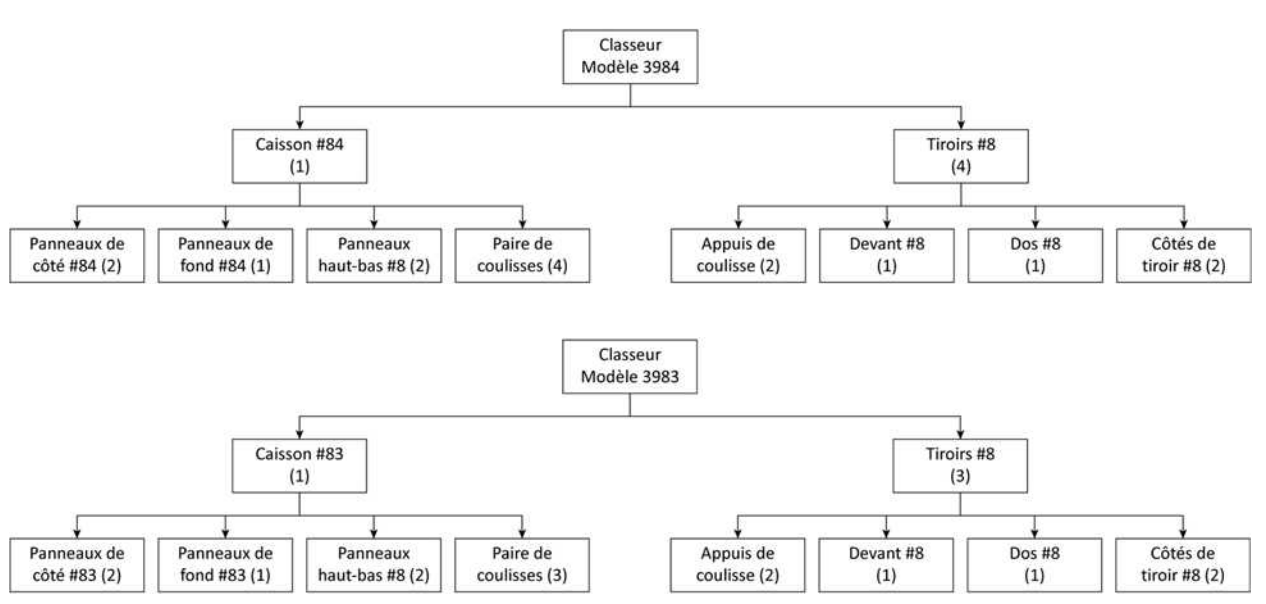
Une entreprise qui fabrique des meubles de bureau doit calculer le plan des besoins matières pour deux de ses modèles de classeur. Le Plan de production de ces deux classeurs est le suivant :

PDP	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Classeur 3984						300	0	700	500
Classeur 3983						200	200	0	400
Autres produits…	…	…	…	…	…	…	…	…	…



Classeur Modèle 3984

La nomenclature des deux produits s'établit comme suit :



Vous devez établir le Plan des besoins-matières pour les deux classeurs.

Semaine	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Besoin brut									
Stock projeté									
Besoin net									
Réception planifiée									
Lancement planifié									

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas
Caisson # 84	100	X 300	2 sem.	1

Semaine	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Besoin brut									
Stock projeté									
Besoin net									
Réception planifiée									
Lancement planifié									

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le +bas
Tiroirs	700	Min. 2 500	2 sem.	1

Semaine	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Besoin pour modèle 3984									
Besoin pour modèle 3983									
Besoin brut									
Stock projeté									
Besoin net									
Réception planifiée									
Lancement planifié									

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le +bas
Panneau de côté # 84	200	Min. 500	1 sem.	2

Semaine	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Besoin brut									
Stock projeté									
Besoin net									
Réception planifiée									
Lancement planifié									

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas
Panneau de fond # 84	0	Min. 500	1 sem.	2

Semaine	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Besoin brut									
Stock projeté									
Besoin net									
Réception planifiée									
Lancement planifié									

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas
Panneau haut-bas #8	300	Min. 1 000	1 sem.	2

Semaine	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Besoin caisson #84									
Besoin caisson #83									
Besoin brut									
Stock projeté									
Besoin net									
Réception planifiée									
Lancement planifié									

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas
Paires de coulisses	1 500	X 5 000	4 sem.	2

Semaine	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Besoin caisson #84									
Besoin caisson #83									
Besoin brut									
Stock projeté									
Besoin net									
Réception planifiée									
Lancement planifié									

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas
Panneau de côté # 83				

Semaine	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Besoin brut									
Stock projeté									
Besoin net									
Réception planifiée									
Lancement planifié									

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas
Panneau de fond # 83				

Semaine	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Besoin brut									
Stock projeté									
Besoin net									
Réception planifiée									
Lancement planifié									

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas
Appui de coulisse	3 800	X 5 000	4 sem.	2

Semaine	9	10	11					16	17
Besoin brut									
Stock projeté									
Besoin net									
Réception planifiée									
Lancement planifié									

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas
Devant de tiroir # 8				

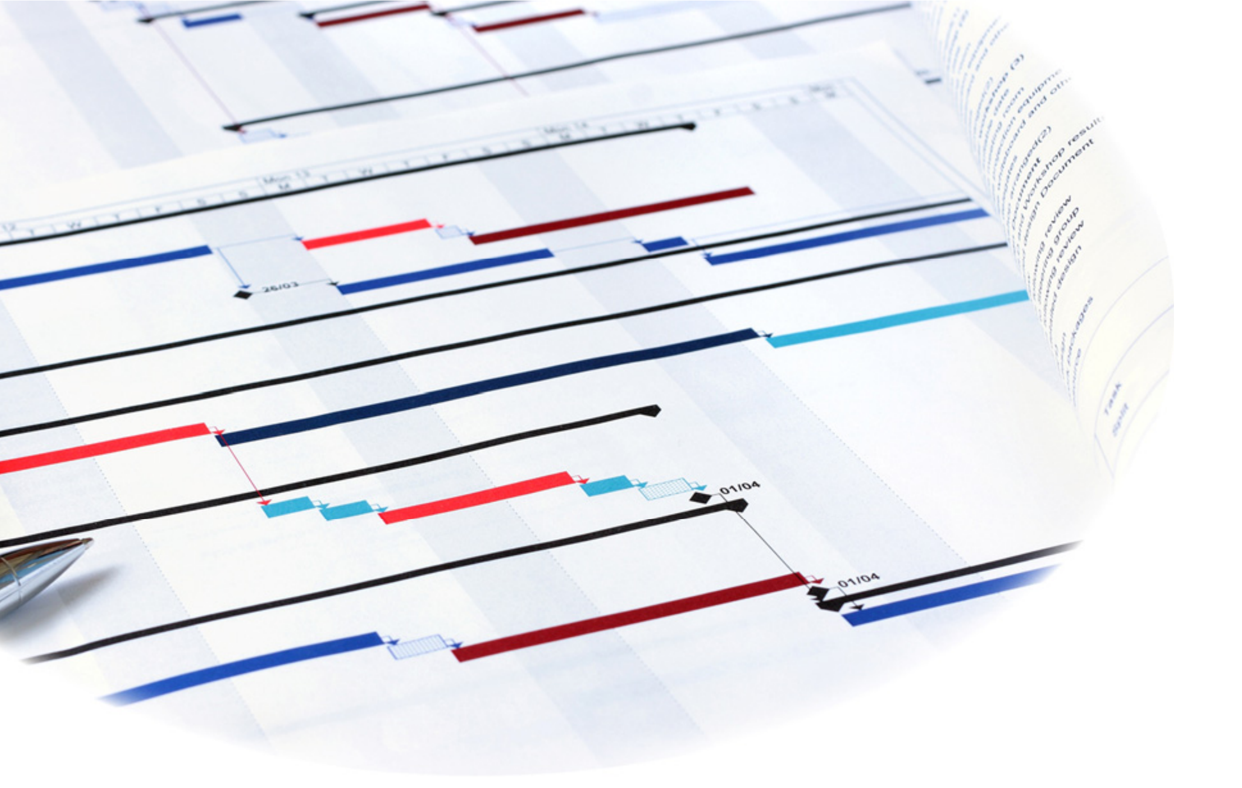
Semaine	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Besoin brut									
Stock projeté									
Besoin net									
Réception planifiée									
Lancement planifié									

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas
Dos de tiroir # 8				

Semaine	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Besoin brut									
Stock projeté									
Besoin net									
Réception planifiée									
Lancement planifié									

Nom de l'article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas
Côté de tiroir # 8				

Semaine	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Besoin brut									
Stock projeté									
Besoin net									
Réception planifiée									
Lancement planifié									



6 | L’ordonnancement et la planification des projets

Objectifs d’apprentissage

À la fin de ce chapitre, vous devriez être capable :

- d’expliquer ce qu’est l’ordonnancement et sa place dans l’ensemble du processus de planification;
- de décrire les étapes de la démarche de contrôle des activités de production;
- d’analyser les éléments qui influencent le temps total du cycle de production;
- d’utiliser différents critères de priorisation pour établir la séquence de traitement d’un groupe de commandes, de lots ou de clients, puis de comparer les séquences possibles et d’analyser leur performance;
- d’établir un calendrier de production et un calendrier de charges sous forme de graphiques de Gantt, et de l’utiliser pour faire le suivi de l’avancement des travaux;
- d’expliquer la différence entre les opérations à flux poussé et celles à flux tiré;
- de décrire les étapes de la planification des projets;
- d’établir la table des préalables d’un projet et de préparer le graphique de projet correspondant;
- d’identifier le chemin critique, de déterminer les dates de début et de fin les plus hâtives et les plus tardives pour chacune des activités, puis de calculer la marge.

6.1 La notion d'ordonnancement

Au sens large, l'ordonnancement est l'étape de planification où l'on établit la séquence précise de réalisation des activités et où l'on répartit ces activités entre les différentes ressources de production disponibles, de manière à élaborer un calendrier qui puisse être utilisé pour suivre l'avancement des travaux.

L'ordonnancement à court terme est appelé *contrôle des activités de production*. Il est alors la dernière étape de planification et est réalisé après le plan directeur et le plan des besoins matières, habituellement quelques jours à l'avance seulement. On le retrouve surtout dans la production par lots ou à l'unité, c'est-à-dire dans les entreprises où le flux des produits est discontinu[19]. Par ailleurs, bien des entreprises ne font pas de planification à moyen ou long terme, et l'ordonnancement est alors la seule activité de planification des opérations. Il jouera dans ce cas un rôle essentiel pour établir l'ordre de réalisation des commandes ou des travaux à effectuer et pour répartir le travail en fonction de la capacité disponible. Enfin, on retrouve l'ordonnancement dans les entreprises de services, lorsqu'il faut déterminer quelles demandes ou quels clients seront traités en premier et qui sera responsable des activités à réaliser.

L'ordonnancement à long terme est utilisé dans un contexte très différent, celui de la gestion de projet; il correspond à la phase de planification des projets. C'est à ce moment qu'on détermine l'échéancier des différentes étapes du projet et qu'on y assigne les ressources affectées au projet. Selon la nature et l'ampleur du projet, il peut être fait plusieurs semaines, plusieurs mois ou plusieurs années à l'avance.

6.2 En quoi l'ordonnancement est-il important pour moi?

Si je travaille en :

- **marketing et gestion des ventes**, je dois comprendre les contraintes relatives à l'ordonnancement et les arbitrages à réaliser, et ce, en vue de collaborer efficacement avec les planificateurs de production pour établir les priorités et satisfaire au mieux les clients. Dans le cas des projets de marketing, j'aurai à collaborer avec les planificateurs de projet pour déterminer les activités à réaliser, leur durée et l'ordre dans lequel il faut les réaliser;

- **finance ou en comptabilité**, j'aurai à fournir les informations permettant de tenir compte des flux de trésorerie au moment de la priorisation des commandes, et à prévoir les conséquences des décisions prises sur la facturation et l'encaissement des ventes. Dans les situations de gestion de projet, j'aurai à tenir compte de l'échéancier du projet sur les entrées et sorties de fonds et sur les besoins en financement;

---

[19] Dans la production continue, le besoin en ordonnancement est réduit car on fabrique en grand volume un produit standardisé et pour lequel toutes les étapes de transformation sont identiques ou presque. Normalement, les installations ont déjà été conçues pour traiter un volume fixe de produits, et la capacité aux différentes étapes a été établie dès le départ de manière à équilibrer les opérations (voir les chapitres 8 et 9).

- **gestion des ressources humaines**, après la préparation du calendrier de production, je pourrais avoir à trouver du personnel temporaire ou à temps partiel; je veillerai aussi à ce que les limites de charge de travail et de temps supplémentaire ne soient pas dépassées. Dans les situations de gestion de projet, j'aurai à travailler avec les planificateurs pour identifier les répercussions du projet sur l'assignation du personnel et l'ajout éventuel de ressources;

- **gestion des systèmes d'information de gestion**, je devrai développer et maintenir les bases de données et les systèmes informatiques qui sont utilisés pour faire l'ordonnancement. Dans le cas des projets informatiques, j'aurai à collaborer avec les planificateurs de projet pour déterminer les activités à réaliser, leur durée et l'ordre dans lequel il faut les réaliser;

- **gestion des opérations et de la logistique**, j'aurai moi-même à déterminer les priorités, à assigner le travail et à contrôler l'avancement des travaux. Au cours de ma carrière, je serai probablement appelé à gérer des projets.

Par ailleurs, les principes de priorisation des activités, de répartition du travail et de planification des projets sont essentiels à tout étudiant ou gestionnaire qui veut bien gérer son temps et respecter ses échéanciers. Les concepts et méthodes présentés dans ce chapitre débordent donc du cadre de la gestion des opérations et peuvent être utiles à tous.

6.3 Le contrôle des activités de production

Au moment de la préparation du plan directeur de production (PDP), le planificateur établit le programme de fabrication des différents produits. Il y a déjà à cette étape une prise en compte de la capacité de production, mais elle est assez grossière. D'une part, elle porte sur le produit en entier et non sur ses différents composants, qui peuvent être fabriqués par des sections de l'entreprise qui ont des capacités de production différentes; normalement, l'évaluation sommaire des capacités sera donc basée sur la capacité de la ressource limitante. D'autre part, l'évaluation sommaire des capacités compare les besoins (c.-à-d. le nombre d'unités équivalentes qu'on souhaite produire ou le nombre d'heures de travail requis) avec la capacité qu'on atteint normalement. Or, à court terme, ce niveau de capacité n'est pas toujours possible : des employés sont en congé ou en formation, des équipements sont en panne ou en période d'entretien préventif, des plages de travail sont réservées pour des réunions ou de la maintenance, etc. Le calendrier de production, lui, tiendra compte de la capacité réellement disponible.

Par ailleurs, l'élaboration du plan des besoins matières (PBM) a permis de déterminer les lancements et les réceptions planifiés pour tous les composants, pièces et matières qui composent le produit final. À partir du PBM, chacune des sections de l'usine reçoit des demandes de lancement pour des lots de composants ou de pièces. Or, ces sections sont habituellement responsables de la production de plusieurs composants et pièces différents, et doivent donc déterminer dans quel ordre les lots demandés seront fabriqués et à quel(s) poste(s) de travail ils seront assignés, tout en respectant les limites de capacité de chacun de ces postes. Considérons par exemple la fabrication des planches

à roulettes par l'entreprise D-Roll, dont le PBM a été établi au chapitre précédent (section 5.6). On a déterminé que pour réaliser le PDP, il fallait lancer l'assemblage de 225 composants planche (c.-à-d. poser la bande abrasive sur la planche moulée) à la semaine 5, mais la section qui s'occupe de cette opération réalise aussi des opérations de collage sur d'autres produits fabriqués par D-Roll (des *longboards* et des planches à neige), et a reçu des demandes de lancement pour ces produits à la semaine 5. De plus, le collage de la bande abrasive comporte trois étapes réalisées par des postes de travail différents : le collage proprement dit, le découpage du surplus de bande et le perçage des trous pour le vissage des composants roulettes. Enfin, on dispose de différents types d'appareils et de qualification des employés, dont certains conviennent mieux pour certains produits. Il devient donc nécessaire de planifier plus précisément les opérations réalisées dans cette section de l'entreprise.



Ainsi, le contrôle des activités de production est la démarche de planification à court terme qui tient compte des ressources et contraintes de chacune des sections de production; il déborde aussi de la planification pour inclure le suivi des opérations planifiées et, au besoin, l'ajustement du plan. Les trois premières étapes du contrôle des activités de production consistent à : déterminer précisément les opérations à effectuer et le temps requis; ordonnancer les commandes, les lots ou les clients (c.-à-d. déterminer dans quel ordre ils seront traités) en fonction des priorités; assigner le travail aux postes de charge[20]. On obtient ainsi le calendrier de production qui servira de base aux deux étapes suivantes, à savoir le déclenchement du lancement du travail et le suivi de l'avancement des travaux. Voyons en quoi consiste chacune de ces étapes.

Déterminer les opérations à effectuer et le temps requis

Dans le cas des produits standards, les opérations à réaliser et le temps requis ont déjà été identifiés au moment du développement du produit et de son processus de fabrication. Chaque produit est détaillé dans un document appelé *gamme de fabrication*, qui présente chaque étape de transformation, les spécifications à respecter, le temps standard[21] qu'il faut prévoir, les postes de travail ou équipements capables de les réaliser, etc. La figure 6.1 montre une petite partie de la gamme de fabrication pour les planches à roulettes fabriquées par D-Roll. Notons qu'on retrouve l'équivalent de la gamme de fabrication dans les entreprises de services : pour les services relativement standardisés, on établit la liste des opérations à réaliser et le temps standard à planifier. Ces fiches normalisées servent non seulement à planifier le travail mais aussi à évaluer les coûts de réalisation des produits et des services pour faire des soumissions aux clients potentiels.

[20] Un poste de charge est composé d'un ou de plusieurs postes de travail pouvant réaliser, de manière interchangeable, une opération particulière.
[21] Le temps standard et son calcul seront traités au chapitre 9.

Figure 6.1 **Exemple d'une gamme de fabrication (partielle)**

D-Roll – Gamme de fabrication				Produit : planche à roulettes classique Modèle : SKTB-CLS-1712			Dernière mise à jour : 20X6-04-25
Nº d'op.	**Description**	**Atelier**	**Appareil ou poste**	**Temps de mise en route**	**Temps unitaire**	**Spécifications**	**Commentaires**
…	…	…	…	…	…	…	…
80	Collage de la bande abrasive	Collage	Poste #17	-	1,20 min.	-	La bande doit recouvrir toute la planche
90	Découpage du surplus (*trimming*)	Collage	Scie à ruban RS 36 ou RS 42	Changement de lame 4 min.	2,20 min.	-	Changer la lame au début de chaque lot et à toutes les 50 unités
100	Perçage des trous dans la bande	Collage	Perceuse ADB 12-1 ou ADB 12-2	20 min.	2,40 min.	8 mm ± 0,1	Temps pour une planche (deux groupes de quatre trous par planche)
…	…	…	…	…	…	…	…

La situation est plus compliquée dans le cas des produits ou services non standards. Dans ce cas, le planificateur doit faire appel à son expérience de la réalisation de produits ou de services similaires pour estimer le temps (et les coûts) à prévoir pour chaque nouvelle commande. Toutefois, il demeure toujours un risque de sous-évaluer ou de surévaluer le temps requis.

Si ce n'est pas déjà fait, on doit déterminer quelles opérations de transformation peuvent être réalisées en parallèle ou encore s'il est possible de modifier la séquence de réalisation des activités. Dans l'exemple de la pose des bandes abrasives sur les planches à roulettes classiques, on ne peut ni travailler en parallèle ni modifier la séquence[22], mais dans d'autres cas, c'est possible. Par exemple, dans un atelier de réparation automobile, un employé peut faire le changement des pneus pendant qu'un autre effectue la vidange d'huile du même véhicule; même si le même employé réalise les deux opérations en séquence, il peut les faire dans n'importe quel ordre.

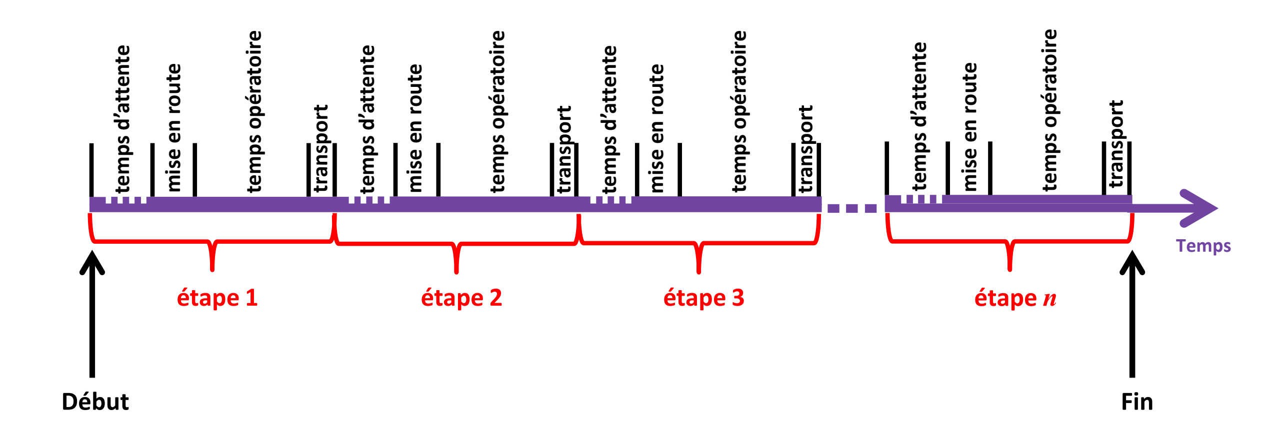
De plus, il faut aussi établir s'il est possible ou non d'interrompre les activités de transformation d'un lot et, si oui, à quel coût. Dans certains cas, la nature de la transformation ne permet pas de l'interrompre une fois qu'elle est amorcée; par exemple, dans les industries chimiques, pharmaceutiques ou alimentaires, il est rarement possible

[22] La bande abrasive est reçue en rouleau et découpée en rectangles, qui sont soigneusement collés sur le dessus de la planche. Il faut ensuite découper le surplus à l'aide d'une scie à ruban, en suivant le contour de la planche. Puis, pour assurer que les trous sont percés au bon endroit, la planche est positionnée dans une matrice de forme identique, qui la tient bien en place et guide le perçage. Puisque le contrôle vise à vérifier la qualité des trois opérations précédentes, il ne peut être effectué qu'à la toute fin.

d'arrêter temporairement les opérations de mélange des ingrédients ou de cuisson d'un lot de produit pour les reprendre plus tard. Il faut alors tenir compte de cette contrainte si l'horaire de travail, lui, est interrompu (pour la nuit ou la fin de semaine, ou encore pour des périodes de maintenance ou pour toute autre raison). Dans d'autres cas, il est possible d'interrompre la fabrication, mais il faut alors refaire une mise en route, ce qui peut s'avérer coûteux.

Enfin, il faut tenir compte de l'ensemble des temps à considérer. Le temps requis pour la transformation en tant que telle (ou temps opératoire) n'est qu'une des composantes du temps total du cycle de production. S'il est applicable, il faut considérer le temps de mise en route. On doit aussi ajouter le temps requis pour transporter les produits en cours d'une étape à l'autre du processus, pour effectuer le contrôle de la qualité ainsi que pour acheminer les composants ou les produits finis à l'entrepôt ou au quai d'expédition. En plus du temps requis pour toutes ces activités, il est probable que les commandes, les lots ou les clients (dans le cas des services) aient à attendre leur tour, soit en amont du processus, soit entre les différentes étapes; ce temps d'attente est souvent beaucoup plus long que tous les autres temps réunis. Les différents temps à considérer sont représentés à la figure 6.2; notons que leur durée relative est très variable d'une opération à l'autre, et que le temps d'attente varie aussi en fonction de la séquence de réalisation des commandes, comme on le verra plus loin.

Figure 6.2 **Les principaux temps inclus dans le temps total du cycle de production d'un lot**



La taille des lots transférés d'une étape à l'autre a aussi un impact considérable sur le temps d'attente. Par exemple, si l'on doit réaliser les trois opérations indiquées à la figure 6.1 pour poser la bande abrasive sur un lot de 225 planches à roulettes, on peut :

1) Coller les bandes abrasives sur les 225 planches, puis transférer en un seul lot toutes les planches à l'étape de découpage du surplus, puis transférer encore tout le lot de produits en cours à l'étape de perçage. Les 225 planches seront prêtes toutes en même temps et, si l'on ne considère que le temps opératoire[23],

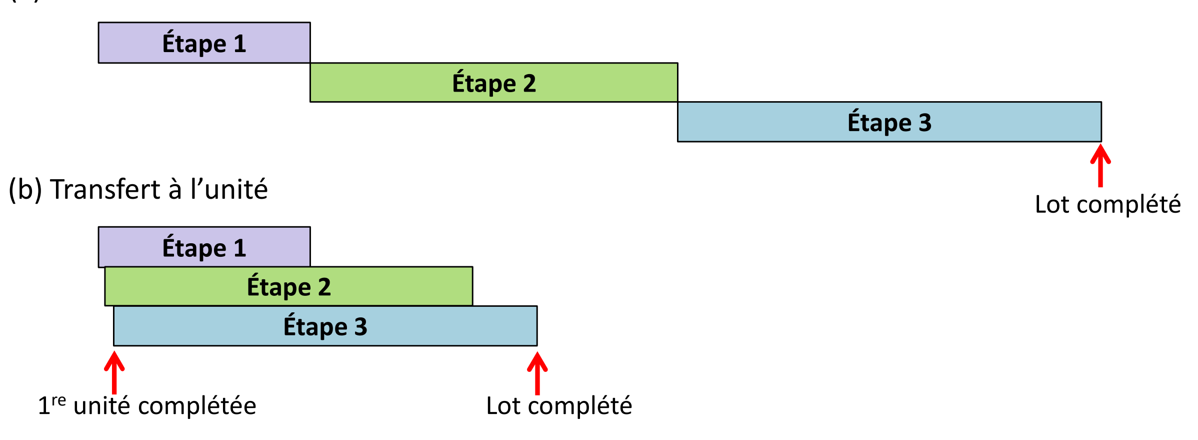
[23] Pour simplifier le calcul, on ne tiendra pas compte ici du temps de mise en route ni du temps de changement des lames, et on ne connaît pas le temps de transport d'une étape à l'autre. Même si le temps de mise en route n'est pas considéré ici, il a un impact important sur la capacité de production, comme on le verra au chapitre 9.

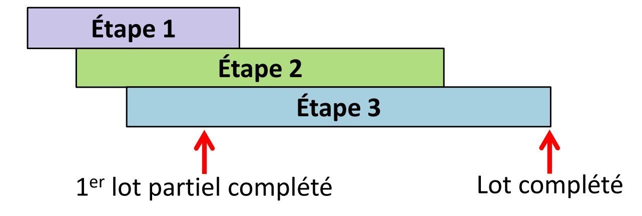
il faudra 1 305 minutes pour que le lot puisse être transféré à l'atelier suivant, soit 270 minutes pour le collage (225 × 1,20 min.), 495 minutes pour le découpage (225 × 2,20 min.) et 540 minutes pour le perçage (225 × 2,40 min.). Le résultat du transfert en lots entiers est illustré à la figure 6.3 (a);

2) Coller la bande abrasive sur la première planche, puis transférer immédiatement cette planche à l'étape de découpage, puis à l'étape de collage, et ce, pour tout le lot de 225 planches. C'est ce qu'on appelle un *flux unitaire*. Si l'on ne considère que le temps opératoire, les trois opérations de pose de la bande abrasive pour la première planche à roulettes seront complétées 5,8 minutes après le lancement de la fabrication (soit 1,20 min. + 2,20 min. + 2,40 min.). Les 225 planches seront prêtes en 543,4 minutes (soit les 540 minutes requises pour réaliser la troisième étape pour l'ensemble du lot, plus 1,20 min. et 2,20 min. avant qu'elle reçoive la première planche, après qu'elle sera passée par les étapes 1 et 2). Cette façon de fonctionner est illustrée à la figure 6.3 (b);

3) Entre ces deux extrêmes, transférer les produits en cours en lots partiels. Par exemple, si l'on transfère 25 planches à la fois, le premier lot partiel de 25 planches aura complété les trois étapes 145 minutes après le lancement, et tout le lot sera prêt après 625 minutes (soit les 540 minutes de la troisième étape, qui est la plus longue, plus 30 minutes pour coller les 25 premières planches et 55 minutes pour découper le surplus de bandes abrasives sur ces 25 planches). Cette façon de fonctionner est illustrée à la figure 6.3 (c).

Figure 6.3 **Impact des quantités transférées d'une étape de transformation à l'autre sur le temps total de complétion d'une séquence d'activités**





Remarquons cependant que le transfert des produits en cours requiert du temps et des moyens de transport. Si l'on veut un flux unitaire, il faut prévoir soit que les postes soient situés immédiatement les uns à côté des autres, soit qu'un convoyeur les transporte de manière continue. Si cela n'est pas possible, il faut prévoir le transport régulier de lots partiels entre les étapes (par exemple à l'aide de chariots déplacés d'un poste à l'autre par un manutentionnaire).

Ordonnancer les commandes, les lots ou les clients

Dès qu'il y a plus d'un lot ou d'une commande à réaliser, ou plus d'un client à servir par une même ressource de production, il devient nécessaire de déterminer dans quel ordre ils seront traités. Lorsque l'ordonnancement est l'étape ultime de la démarche de planification d'un système de production pour les stocks, il s'agit de respecter les dates de réception planifiées calculées au PBM. Toutefois, dans le cas d'une fabrication sur commande ou d'une prestation de service, il s'agit de rencontrer la date de livraison promise au client. L'établissement de la séquence dépend avant tout des priorités que l'entreprise s'est fixées, lesquelles devraient découler de sa mission et de son positionnement stratégique. A-t-on choisi de se démarquer de la concurrence par des délais très courts? Par les prix les plus bas? Par la disponibilité des produits? Les objectifs et critères de priorisation les plus fréquents sont :

1) **Le respect des échéances :** on cherche à respecter les dates de livraison, que ce soit du produit fini au client, ou des produits en cours à l'étape suivante du processus de production (réceptions planifiées). Notons que cet objectif n'implique pas nécessairement que les commandes seront traitées directement en fonction du délai de livraison le plus rapproché (ou DLR, c.-à-d. en faisant en premier celle dont l'échéance est la plus rapprochée, puis celle qui a l'échéance suivante, etc.). D'autres méthodes peuvent être employées, par exemple la méthode de la marge libre minimale (ou MLM, c.-à-d. le nombre de jours avant la livraison moins le temps d'opération pour compléter la commande), ou encore la méthode du ratio critique (ou RC, c.-à-d. le nombre de jours avant la livraison divisé par le temps d'opération pour compléter la commande). De plus, comme on le verra plus loin, des critères de priorisation tout autres peuvent avoir comme conséquence d'améliorer le respect des échéances;

2) **L'efficience des opérations :** ce critère est important lorsque la séquence dans laquelle les produits sont réalisés entraîne des mises en route, des temps morts ou du transport supplémentaire. Par exemple, lorsqu'on fait le moulage de produits en plastique, si deux lots consécutifs utilisent des couleurs ou des types de plastique différents, il faut purger l'appareil et le nettoyer entre les deux lots, ce qui peut prendre plus d'une heure. On pourrait donc établir la séquence de telle sorte que les lots de même couleur soient faits un après l'autre sur le même appareil. Dans le même sens, il peut être avantageux d'insérer les petites commandes dans les temps morts qui peuvent avoir été laissés par les contraintes de production des plus grosses commandes. Par exemple, lors de la fixation des rendez-vous dans une clinique de radiologie, on placera en début de journée ou

d'après-midi les examens les plus longs, puis on mettra les examens plus courts dans les cases horaires dont la durée est limitée par la pause du midi ou la fin de la journée;

3) **Le niveau de service :** lorsque l'ordonnancement est la seule étape de planification et qu'il s'agit de réapprovisionner les stocks, on pourra donner priorité aux produits dont les stocks sont les plus faibles ou dont le niveau de service doit être le plus élevé, ou encore pour lesquels on a déjà entamé le stock de sécurité;

4) **La réduction du nombre de commandes dans le système :** dans certains cas, on peut vouloir alléger le calendrier de commandes à traiter en réalisant au plus vite les lots qui pourront être terminés rapidement (c.-à-d. ceux qui ont le temps d'opération le plus court, ou TOC). Réduire le nombre de commandes dans le système peut aussi permettre de diminuer la quantité de produits en cours et, accessoirement, de facturer rapidement les clients concernés;

5) **L'importance de la commande :** dans d'autres situations, on voudra donner priorité aux plus grosses commandes (temps d'opération le plus long, ou TOL), soit parce qu'elles sont plus rentables, soit parce qu'elles viennent de clients jugés plus importants. Il arrive aussi qu'on fasse passer en premier une commande venant d'un très bon client ou d'un nouveau client qu'on cherche à fidéliser;

6) **L'équité :** à l'opposé du critère précédent, on peut vouloir traiter les clients en parfaite équité, en réalisant les commandes dans l'ordre dans lequel elles ont été reçues (selon le principe du « premier arrivé, premier servi », ou PAPS). Ce critère est moins utilisé dans les entreprises industrielles, mais c'est celui qu'on retrouve le plus souvent dans les entreprises de services, du moins lorsque le client est sur place. En effet, comme celui-ci sait à quel moment il est arrivé et s'est placé en file pour être servi, il s'attend à ce qu'on respecte cette séquence et protestera vivement si on ne le fait pas, à moins de circonstances particulières (par exemple, le patient qui attend à l'urgence de l'hôpital pourra accepter qu'on traite avant lui un autre patient dont l'état est manifestement plus grave). De plus, dans les entreprises de services, l'utilisation des autres règles de priorisation n'est pas toujours possible.

Puisque tous ces objectifs sont importants, les critères de priorité sont rarement considérés isolément et plusieurs séquences peuvent être établies. Les différentes séquences possibles sont évaluées selon un ensemble de mesures de performance, et le gestionnaire des opérations doit faire des compromis et choisir la séquence qui permet le mieux de répondre aux objectifs de l'organisation.

Exemple

En plus des planches à roulettes standards qu'elle produit pour les stocks, D-Roll offre à certains détaillants spécialisés la possibilité de faire fabriquer sur commande des lots de planches ayant des motifs particuliers et portant leur logo. Ces commandes étant très rentables, on veille à respecter au mieux les dates de livraison promises aux détaillants; pour simplifier les choses, on ne considère ici que le temps total requis pour chaque commande et l'on assume qu'elles se partagent la même ressource de production.

Le carnet de commandes est présentement le suivant (les commandes sont numérotées selon leur ordre d'arrivée) :

Nº de commande	Temps total de fabrication (en jours)	Échéance de livraison (en jours)
101	5	10
102	3	6
103	6	12
104	12	20
105	2	15
106	8	22

Martin Bercier, le planificateur responsable des commandes spéciales, évalue quatre séquences possibles (mais il y en a bien d'autres) :

1re option : le délai de livraison le plus rapproché (DLR)

Nº de commande	Temps total de fabrication (en jours)	Échéance de livraison (en jours)	Temps total dans le système*	Retard**
102	3	6	3	0 (-3)
101	5	10	8 (soit 5 + 3)	0 (-2)
103	6	12	14 (soit 6 + 8)	2
105	2	15	16 (soit 2 + 14)	1
104	12	20	28 (soit 12 + 16)	8
106	8	22	36 (soit 8 + 28)	14
TOTAL	36		105	25

*Ici, le temps total dans le système égal au temps de fabrication plus le temps d'attente (temps de fabrication des commandes précédentes).

** Le chiffre entre parenthèses indique le nombre de jours d'avance pour une commande prête avant l'échéance.

Exemple (suite)

2e option : le temps d'opération le plus court (TOC)

Nº de commande	Temps total de fabrication (en jours)	Échéance de livraison (en jours)	Temps total dans le système	Retard
105	2	15	2	0 (-13)
102	3	6	5	0 (-1)
101	5	10	10	0
103	6	12	16	4
106	8	22	24	2
104	12	20	36	16
TOTAL	36		93	22

3e option : le temps d'opération le plus long (TOL)

Nº de commande	Temps total de fabrication (en jours)	Échéance de livraison (en jours)	Temps total dans le système	Retard
104	12	20	12	0 (-8)
106	8	22	20	0 (-2)
103	6	12	26	14
101	5	10	31	21
102	3	6	34	28
105	2	15	36	21
TOTAL	36		159	84

4e option : premier arrivé, premier servi (PAPS)

Nº de commande	Temps total de fabrication (en jours)	Échéance de livraison (en jours)	Temps total dans le système	Retard
101	5	10	5	0 (-5)
102	3	6	8	2
103	6	12	14	2
104	12	20	26	6
105	2	15	28	13
106	8	22	36	14
TOTAL	36		117	37

Exemple (suite)

Martin peut maintenant comparer ces quatre séquences. Il considère plusieurs indicateurs de performance :

- *temps moyen pour compléter les commandes = somme du temps total dans le système pour toutes les commandes ÷ nombre de commandes.*

  Par exemple, pour la 1re option, le temps moyen pour compléter les commandes est de 105 jours ÷ 6 = 17,5 jours.
- *nombre de commandes en retard.*
- *nombre de commandes en avance* (notons que le fait d'être en avance n'est pas nécessairement un avantage : si les clients ont demandé des livraisons juste à temps, il faut entreposer les produits finis jusqu'à leur expédition).
- *retard moyen des commandes et des commandes en retard*.

  Par exemple, pour la 1re option, le retard moyen est de 25 ÷ 6 = 4,2 jours, et le retard moyen des commandes en retard est de 25 ÷ 4 = 6,3 jours.
- *retard maximum des commandes en retard.*
- *taux d'efficacité = temps total de fabrication ÷ temps total dans le système.*

  Par exemple, pour la 1re option, le taux d'efficacité est de 36 ÷ 105 = 34 %. Autrement dit, 34 % du temps que les commandes passent dans le système correspondant au temps de fabrication, les 66 % restants correspondant au temps d'attente.

Martin dresse ensuite le tableau comparatif suivant :

Indicateur de performance	1re option DLR	2e option TOC	3e option TOL	4e option PAPS
Temps moyen pour compléter les commandes	17,5 jours	15,5 jours	26,5 jours	19,5 jours
Nombre de commandes en retard	4	3	4	5
Nombre de commandes en avance	2	2	2	1
Retard moyen des commandes	4,2 jours	3,7 jours	14 jours	6,2 jours
Retard moyen des commandes en retard	6,3 jours	7,3 jours	21 jours	7,4 jours
Retard maximum	14 jours	16 jours	28 jours	14 jours
Taux d'efficacité	34 %	39 %	23 %	31 %

Exemple (suite)

En utilisant ce tableau comparatif et les résultats individuels de chacune des options, Martin peut analyser les choix qui se présentent à lui et déterminer ce qui convient le mieux à son organisation :

- 1re option : alors qu'on s'attendrait à ce que la séquence établie en fonction du délai le plus rapproché offre la meilleure performance en matière de retard, on voit que cela dépend de l'indicateur de performance considéré. Si l'on observe le retard moyen des commandes en retard, la 1re option est effectivement la meilleure; elle arrive aussi première (à égalité avec la 4e option) pour le retard maximum. Par contre, si l'on observe le nombre de commandes en retard et le retard moyen des commandes dans leur ensemble, la 1re option est moins bonne que la 2e option. La 1re option a aussi le deuxième meilleur taux d'efficacité;
- 2e option : comme prévu, prioriser les commandes ayant les temps d'opération les plus courts permet de maximiser le taux d'efficacité. En permettant de « faire sortir » rapidement les petites commandes, la règle TOC minimise le temps moyen pour compléter les commandes. Cependant, les commandes plus longues sont retardées : ici, la commande nº 104, qui pourrait bien venir d'un client important, est traitée la dernière et présentera un retard de 16 jours;
- 3e option : les deux plus grosses commandes (nos 104 et 106) seront prêtes à temps, mais cela se fera au détriment des quatre commandes les plus petites, qui resteront longtemps dans le système et seront toutes livrées très en retard. En conséquence, cette option présente le taux d'efficacité le plus faible et augmente considérablement le temps moyen pour compléter les commandes;
- 4e option : c'est celle qui donne le plus grand nombre de commandes en retard, sans vraiment offrir d'autres avantages (à part le plus petit retard maximal, à égalité avec la 1re option).

Comme on le voit, la décision n'est pas facile. Martin doit se demander ce qui est le plus important : vaut-il mieux avoir plusieurs clients un peu insatisfaits (petits retards) ou quelques clients très insatisfaits (longs retards)? S'attaquer d'abord aux grosses commandes pour satisfaire les clients plus importants, ou traiter tout le monde avec équité? Libérer l'atelier en se débarrassant des petites commandes, quitte à retarder les plus grosses? Chacune des séquences de réalisation des commandes présente des avantages et des inconvénients. Martin doit donc bien connaître les pratiques de gestion de son organisation et les priorités qu'elle s'est fixées pour faire un choix éclairé. Il devra aussi se préparer à bien justifier son choix puisqu'il y aura nécessairement des mécontents. Enfin, il doit informer rapidement les responsables des ventes des retards prévus, pour qu'ils puissent contacter les clients.

Notons que Martin s'en est tenu à l'application d'un seul critère à la fois pour chacune des quatre séquences établies. Il pourrait tenter de combiner plusieurs critères de priorité et chercher, par un processus d'essais et d'erreurs, à obtenir une séquence plus satisfaisante.

Un autre constat essentiel est la création d'une file d'attente. Si l'on possédait les ressources suffisantes pour réaliser en parallèle les six commandes, aucune ne serait en retard puisque chacune a une échéance de livraison bien supérieure à son temps total de fabrication. On pourrait même croire qu'on dispose d'une bonne marge de manœuvre, alors que ce n'est pas du tout le cas. Parce que les commandes doivent attendre leur tour, on se retrouve avec une majorité de commandes en retard. Malheureusement, il arrive souvent que ce phénomène de file d'attente ne soit pas pris en compte par les clients et par les vendeurs, ce qui les conduit à espérer ou à promettre des dates de livraison que le système opérationnel n'est pas en mesure de respecter. Les retards engendrés, même s'ils étaient prévisibles, sont souvent une source de frustration importante, tant pour les planificateurs (qui ne peuvent les éviter) que pour les responsables des ventes et que pour les clients (qui ont l'impression qu'on a négligé leurs commandes).

Assigner le travail aux postes de charge

Dans l'exemple précédent, on n'a considéré que le temps total requis pour réaliser chaque commande, et l'on a fait l'hypothèse qu'elles se partageaient une seule et même ressource de production. En réalité, le calendrier de production doit planifier chacune des étapes de production et certaines étapes peuvent être réalisées par plusieurs postes travaillant en parallèle. Ainsi, dans les contextes où la capacité est limitée, l'assignation du travail se fait en même temps que l'établissement de la séquence de réalisation des opérations. Cette programmation à court terme est probablement l'étape la plus complexe de tout le processus de planification, et les problèmes à résoudre deviennent rapidement trop complexes pour être solutionnés à la main. On se limitera donc ici à en expliquer les bases et à montrer un outil pratique et souvent utilisé pour visualiser la séquence et la charge de travail, le graphique de Gantt.

Le graphique de Gantt

Précisons d'entrée de jeu que le graphique de Gantt n'est pas une technique pour établir la séquence de travail ou en faire l'assignation, mais une manière de visualiser les résultats des différentes options de séquence et de répartition du travail. Il s'agit d'un outil intuitif et facile à utiliser, puisqu'il consiste simplement à représenter les opérations sur une échelle de temps, de la même façon qu'on inscrit des tâches à faire dans un agenda. Notons également qu'il en existe différentes versions, en fonction de ce qu'on cherche à mettre en évidence.

Considérons un exemple simple : établir le calendrier de production de la prochaine semaine pour cinq commandes requérant chacune la réalisation de trois étapes de fabrication devant être effectuées dans le même ordre. Le tableau ci-dessous indique le temps estimé de réalisation de chacune des étapes pour chacune des commandes, de même que les échéances de livraison.

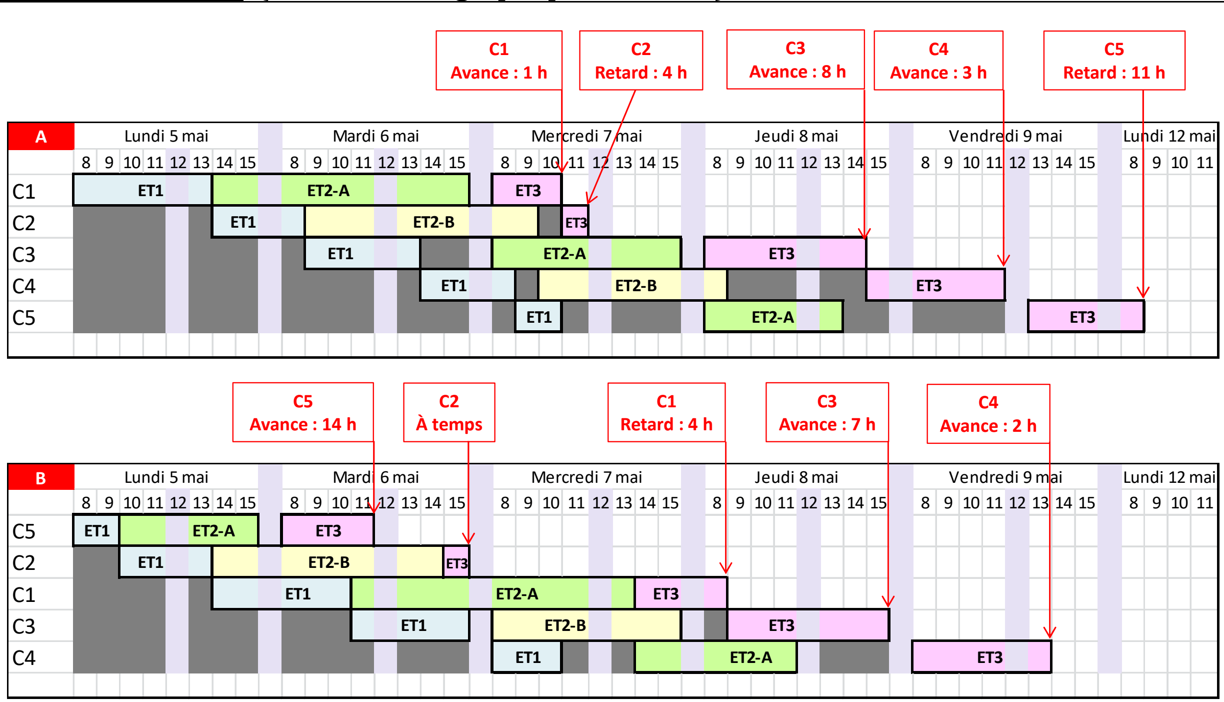
Commande	Étape 1 (ET1, en heures)	Étape 2 (ET2, en heures)	Étape 3 (ET3, en heures)	Échéance
C1	5	9	3	Mercredi 12 h
C2	3	8	1	Mardi 16 h
C3	4	7	6	Vendredi 16 h
C4	3	6	5	Vendredi 16 h
C5	2	5	4	Jeudi 12 h

L'atelier est en opération cinq jours par semaine, de 8 h à 12 h et de 13 h à 16 h, et il est possible d'interrompre la fabrication pour l'heure du repas et la fin du quart de travail. Deux postes de travail identiques (ET2-1 et ET2-2) sont disponibles pour réaliser l'étape 2. Si l'on réalise les commandes selon leur ordre d'arrivée (C1-C2-C3-C4-C5), on trouve le calendrier de production présenté dans la section du haut (A) de la figure 6.4. Les plages horaires (ou le déroulement continu du temps, selon le cas) sont toujours placées dans l'axe horizontal. Ici, l'axe vertical indique les différentes commandes à réaliser et les blocs de temps qui constituent le graphique montrent le temps requis pour chacune des étapes de réalisation des commandes (bien entendu, le graphique doit être à l'échelle). Ainsi, pour la commande C1, l'étape 1 requiert cinq heures et sera réalisée de 8 h à midi et de 13 h à 14 h (puisqu'on cesse les activités de midi à 13 h). On pourra ensuite passer à l'étape 2, de 14 h à 16 h, puis de 8 h à 16 h le mardi. La commande C1

sera terminée à 11 h le mercredi matin. Notons que, dans le cas présent, il faut attendre la fin de chaque étape pour commencer la suivante, et que chaque commande doit aussi attendre qu'un poste de travail soit libre. Par exemple, pour la commande C3, même si l'étape 1 est terminée le mardi à 14 h, l'étape 2 ne peut pas commencer avant le mercredi matin puisque les deux postes de travail qui la réalisent (ET2-A et ET2-B) sont déjà occupés. Les temps d'attente sont indiqués ici par les zones grises.

Selon le calendrier actuel et la séquence choisie, les commandes C1, C3 et C4 seront livrées à temps alors que les commandes C2 et C5 seront en retard (note : les avances et les retards de la figure 6.4 sont indiqués en heures ouvrables). La section du bas (B) de la figure montre une séquence alternative (C5-C2-C1-C3-C4) où l'on a combiné plusieurs règles de priorité[24]. En commençant avec la commande dont le temps de la première étape est le plus court, on réduit le temps d'attente de toutes les commandes qui la suivent. Ici, seule la commande C1 est livrée en retard (elle sera complétée à 9 h le jeudi plutôt qu'à midi le mercredi).

Figure 6.4 **Deux exemples de calendrier de production (sous forme de graphiques de Gantt)**

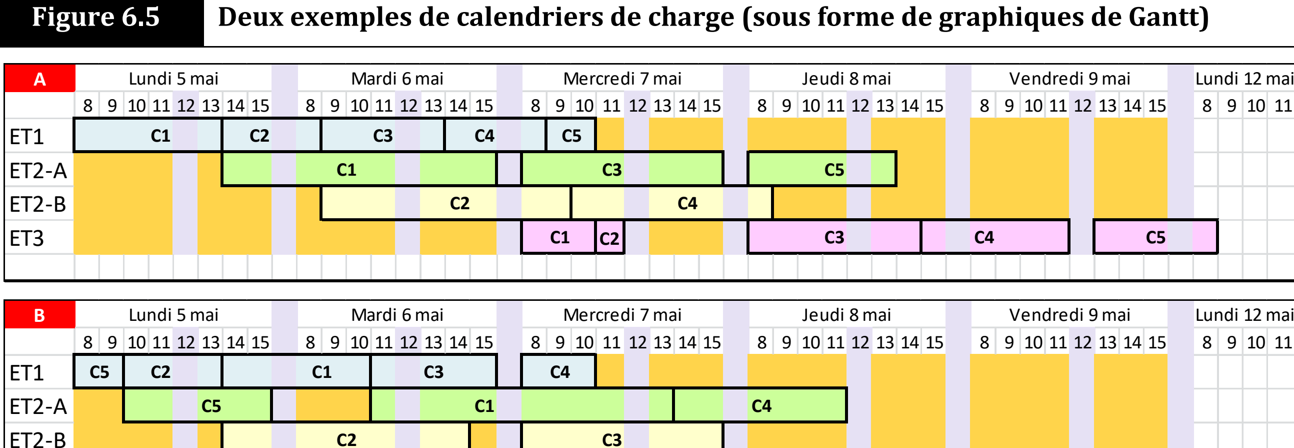


Dans l'exemple précédent, le calendrier de production n'est occupé que par des opérations et des temps morts (et par les périodes de pause). Si certaines plages horaires étaient occupées par d'autres activités (maintenance, formation) ou si certains postes de travail n'étaient pas disponibles (bris d'équipement, congé d'un employé), on n'aurait qu'à « bloquer » ces plages, comme on le ferait dans un agenda, et à organiser les opérations autour d'elles.

[24] On a mis en premier la commande C5 car elle a le temps d'opération le plus court pour la 1re étape, puis les commandes C2 et C1, qui ont les délais les plus rapprochés, et enfin C3 et C4, dont les délais sont les plus éloignés.

Les graphiques de Gantt de la figure 6.4 présentent dans l'axe vertical chacune des commandes à réaliser; c'est le format idéal pour bien suivre l'avancement des commandes d'une étape à l'autre. Si l'on cherche plutôt à gérer la charge de travail de chacun des postes, on peut utiliser une autre forme de graphique de Gantt, le calendrier de charge, où ce sont les postes de travail qui sont mis sur l'axe vertical, et le temps qu'il faut allouer à chacune des commandes qui est représentée par des blocs. La figure 6.5 présente sous cette forme les deux séquences de la figure 6.4. Ici, ce sont les périodes d'attente des postes de travail (les temps morts) qui sont mises en évidence (zones orangées). Comme on le voit, la deuxième séquence permet à tous les postes (sauf celui de l'étape 1) de terminer plus rapidement l'ensemble des cinq commandes.

Figure 6.5 **Deux exemples de calendriers de charge (sous forme de graphiques de Gantt)**



Un des avantages du graphique de Gantt[25] est de mettre en évidence les conséquences du processus de fabrication actuel. D'abord, s'il était possible de modifier la séquence de réalisation des étapes ou d'effectuer certaines opérations en parallèle, on pourrait mieux utiliser la capacité des postes de travail et compléter les commandes plus rapidement. Par exemple, s'il était possible de faire l'étape 3 avant l'étape 1, ce poste de charge pourrait commencer à travailler sur les commandes C3 et C4 dès le lundi. Surtout, le graphique de Gantt fait ressortir les conséquences des choix quant au transfert des produits en cours, comme on l'a vu plus tôt. Ici, on transfère d'une étape à l'autre des lots complets. Pour la première séquence (A), par exemple, l'étape 2 de la commande C1 ne commence pas tant que l'étape 1 n'a pas été complétée pour toute la commande. Si le procédé permettait de transférer les produits en cours en flux unitaire ou en lots partiels, on pourrait accélérer la réalisation de cette commande (et de toutes les autres) tout en diminuant les temps morts.

Bien qu'il s'agisse d'un exemple très simple, le cas représenté aux figures 6.4 et 6.5 fait ressortir la complexité de l'ordonnancement à court terme :

- On n'avait ici que cinq commandes et trois étapes de production, et déjà on voit que plusieurs séquences sont possibles. On peut facilement imaginer que dans un contexte où il y a des dizaines de commandes ou de lots à ordonnancer, de

[25] Les graphiques présentés ici ont été préparés manuellement à l'aide d'*Excel*, mais il existe de nombreux logiciels capables de les tracer automatiquement, dont *Microsoft Project*.

même que de très nombreuses étapes pour chacune de ces commandes, on ne peut pas effectuer l'ordonnancement sans avoir recours à des logiciels spécialisés;

- En matière d'assignation, il n'y avait ici qu'une seule étape où deux postes de travail étaient disponibles, et encore ces deux postes étaient-ils interchangeables. En réalité, on peut disposer de nombreux postes de travail ayant des caractéristiques différentes : certains peuvent être plus efficaces ou efficients pour un type de commandes, mais être moins bien adaptés ou inappropriés pour d'autres sortes de commandes. Par exemple, on peut avoir deux appareils similaires, dont le premier a un temps de mise en route très court et un temps opératoire plus long, alors que c'est l'inverse pour l'autre appareil. Le premier est donc plus efficient pour les petits lots, alors que le second est plus efficient pour les lots de grande taille (on reviendra sur ce point au chapitre 9). Du côté des services, mais dans le même ordre d'idées, les grandes firmes de vérification comptable ou de consultation confient certains mandats à des employés plus chevronnés ou ayant déjà de l'expérience dans un secteur particulier, alors que d'autres mandats peuvent plus facilement être assignés à la première ressource disponible. Assigner le travail aux ressources les plus appropriées, en tenant compte à la fois des contraintes imposées par le calendrier de production et de la charge de travail de chacune des ressources, est en soi un défi substantiel;

- Dans le cas présenté, chaque étape n'entraînait qu'une seule décision d'assignation, ce qui n'est pas toujours le cas. Par exemple, lorsqu'une entreprise de transport aérien planifie les vols, il faut, pour chaque segment de vol (départ → destination), assigner un avion particulier, des membres d'équipage et une équipe au sol. Rien que le choix des membres d'équipage est un véritable casse-tête puisqu'il faut respecter les limites de temps de vol et pouvoir ramener fréquemment les employés dans leur ville d'attache. On retrouve le même type de problèmes dans la planification des chirurgies dans les grands hôpitaux : il faut prioriser les patients selon plusieurs critères (urgence du cas, temps passé sur la liste d'attente…), puis assigner les salles d'opération, les chirurgiens, les anesthésistes et le personnel infirmier et de soutien. Lorsqu'on planifie la grille horaire d'une université, il faut éviter les conflits d'horaire pour les étudiants et les professeurs, puis attribuer les salles de classe en fonction de la taille des groupes et du type d'aménagement requis;

- Dans notre exemple, la durée de chacune des étapes pour chacune des commandes était considérée comme certaine. En réalité, cette durée peut varier : une étape de fabrication peut être ralentie par des problèmes techniques, un retard dans la réception des pièces ou une absence imprévue. À l'opposé, il peut arriver qu'une tâche prenne moins de temps que prévu. Le chirurgien qui commence à opérer un patient peut avoir une idée du temps qu'il faut en moyenne pour ce type de chirurgie, mais bien des impondérables peuvent survenir. Il faut donc constamment réajuster le calendrier pour refléter la durée réelle des activités;

- Finalement, dans notre exemple, on a établi le calendrier en fonction des cinq commandes déjà reçues au moment de la planification, mais de nouvelles commandes vont certainement venir s'y ajouter. Même si l'on évite habituellement de bousculer un calendrier de production déjà établi, il peut arriver qu'on ait à le faire.

Tous les éléments précédents rendent rapidement les problèmes à résoudre extrêmement complexes. Bien qu'il existe certaines méthodes de résolution utilisant des algorithmes, elles ne s'appliquent souvent qu'à des problèmes très précis. Il faut généralement recourir au développement d'heuristiques et à la programmation pour trouver des solutions satisfaisantes. Heureusement, des spécialistes en gestion des opérations et en recherche opérationnelle travaillent continuellement à développer de nouveaux outils informatisés pour la résolution des problèmes d'ordonnancement.

Déclencher le lancement

La quatrième étape du processus de contrôle des activités de production consiste à lancer les opérations. Beaucoup d'entreprises vont choisir de déclencher le lancement de manière à respecter le calendrier de production établi. Dans la mesure où ce calendrier est l'aboutissement d'un processus ordonné de planification visant à respecter les prévisions de demande, c'est tout à fait logique. On parle alors d'opérations à *flux poussé*, c'est-à-dire que chaque poste de travail respecte le calendrier et, une fois l'opération terminée, pousse les produits en cours vers l'étape située en aval.

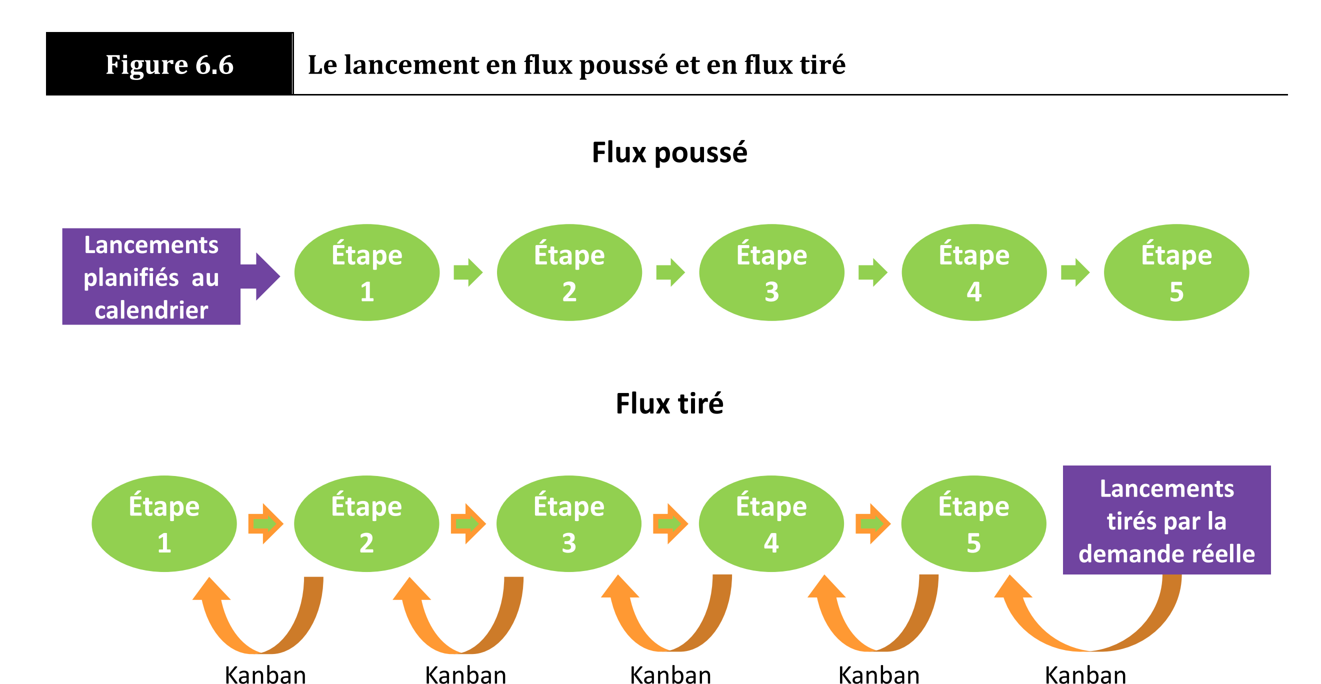
Il existe toutefois une autre méthode de déclenchement de la production, nommée *flux tiré* ou *flux tendu*. Cette méthode est l'une des caractéristiques principales d'un mode de gestion des opérations dit en *juste-à-temps* (ou JAT). Plutôt que de déclencher le lancement en fonction d'un besoin anticipé, comme le fait le flux poussé, le lancement est amorcé à partir de la demande réelle, qui est transmise par les postes de travail situés immédiatement en aval. Ainsi, plutôt que de pousser les produits en cours du début à la fin du processus de fabrication, on les tire, en partant de la fin et en remontant vers les étapes en amont, et ce, tout au long de la chaîne logistique interne (de l'entrepôt des produits finis aux commandes d'achats). Les deux méthodes sont illustrées à la figure 6.6.

La méthode à flux tiré exige que chaque poste de travail soit en mesure d'avertir le poste en amont qu'il est temps de l'alimenter en produit en cours. Les besoins sont communiqués à l'aide d'un système appelé *kanban*, un terme japonais signifiant « carte visible ». Chaque poste de travail dispose d'une certaine quantité de produits en cours prêts à être transformés; quand cette quantité diminue sous un certain seuil, ce poste achemine une carte kanban au poste de charge situé en amont, signalant ainsi qu'il faut lancer la production d'un certain nombre d'unités de produit. Si un même poste de charge alimente plusieurs postes de travail situés en aval, les cartes kanban qu'il reçoit seront disposées sur un tableau situé devant lui. Ainsi, à toutes fins pratiques, le tableau kanban constitue le calendrier de production à très court terme pour ce poste de charge. Puis, lorsque les produits sont acheminés au poste qui en a fait la demande, ils sont accompagnés de la carte kanban, qui revient ainsi à son point de départ. De cette manière, les cartes circulent ainsi entre postes consécutifs et, d'aval en amont, régulent la production. À certains égards, le système kanban est similaire à la méthode du point de réapprovisionnement vue au chapitre 3, mais appliquée au contrôle des stocks de produits en cours et au lancement d'une demande de fabrication à une étape précise du processus.

La production à flux tiré a l'avantage de réduire les stocks de produits en cours puisque la fabrication s'arrête dès que chaque poste de charge a reçu la quantité dont il a besoin. Le nombre d'en-cours est donc rigoureusement contrôlé grâce au système kanban. Dans

la production à flux poussé, au contraire, chaque poste continue à fabriquer en fonction du calendrier prévu, et si un ralentissement survient en aval, les produits en cours risquent de s'accumuler.

Figure 6.6 **Le lancement en flux poussé et en flux tiré**



Suivre l’avancement des opérations

La cinquième et dernière étape du contrôle des activités de production consiste à effectuer le suivi des opérations, ce qui est facilité par les graphiques de Gantt. D’un coup d’œil et à tout moment, on peut savoir à quelle étape de fabrication chaque commande devrait se trouver. Normalement, une fiche de suivi du lot accompagne également les produits en cours à chaque étape de fabrication et indique les étapes à réaliser et celles qui ont déjà été complétées. Le suivi peut aussi être automatisé à l’aide d’étiquettes à codes-barres ou portant une puce RFID, ce qui permet de réajuster en temps réel le calendrier de fabrication pour rendre compte des changements.

Les réajustements au calendrier de production peuvent être très complexes. Dans le cas du transport aérien, par exemple, si le mauvais temps ou un problème mécanique retarde le départ d’un vol, ce retard se répercute sur l’assignation de toutes les ressources qui y étaient liées : l’avion lui-même, le personnel de bord, les employés au sol, la plage horaire réservée au quai d’embarquement de l’aéroport de départ et de l’aéroport de destination, la place du vol dans la séquence des départs sur la piste de décollage et dans le corridor aérien, etc., et ce, sans même compter les impacts sur les passagers qu’il faut parfois transférer sur d’autres vols ou qui manqueront leur vol de correspondance dans les trajets avec escale. De plus, l’effet ne se fait pas sentir seulement sur le vol retardé, mais sur les vols subséquents qui devaient utiliser les mêmes ressources. Dans ce secteur d’activité, les planificateurs travaillent d’arrache-pied pour résoudre les problèmes et en limiter les impacts, de telle sorte qu’on puisse revenir le plus rapidement possible à la planification originale pour les vols suivants.

6.4 La planification des projets

L'ordonnancement à long terme s'effectue dans un contexte tout à fait différent mais que l'on rencontre très fréquemment, celui de la gestion de projet. D'abord, beaucoup d'entreprises offrent des produits ou des services personnalisés, dont la réalisation s'étend sur plusieurs semaines, plusieurs mois ou plusieurs années, et qui sont gérés en mode projet (par exemple les firmes d'architectes ou les entrepreneurs en construction, les fabricants d'avions ou de wagons de métro, les grands bureaux de consultation, les développeurs de jeux vidéo, etc.). De plus, les gestionnaires des opérations peuvent être appelés à gérer des projets à l'interne : agrandissement d'une usine, implantation d'un progiciel de gestion intégré, mise en place d'une vaste démarche d'amélioration des processus, projet de développement d'un nouveau produit, etc. Enfin, toutes les fonctions de l'entreprise peuvent avoir à planifier leurs propres projets (développement d'un nouveau programme de formation des employés, déploiement d'un système de comptabilité par activités, implantation d'une nouvelle plate-forme informatique, etc.).



Notons que la gestion de projet est bien plus vaste que la planification des projets. Elle inclut aussi la définition précise du projet, l'évaluation des risques, la planification et le contrôle budgétaires, la gestion des ressources humaines et matérielles, la préparation de différents rapports, et bien d'autres choses encore. Toutefois, dans le cadre de cet ouvrage, on se limitera à présenter la démarche de planification du projet.

Conceptuellement, la planification des projets n'est pas très différente du contrôle des activités de production. Ici encore, il faut établir un calendrier, assigner le travail aux ressources, déclencher le lancement du travail et en suivre l'avancement. Il y a toutefois des différences :

- Le projet consiste en la réalisation d'un produit unique, qui a ses caractéristiques propres. Même dans les organisations qui gèrent de nombreux projets, chacun a ses particularités. Il faut donc planifier la réalisation d'activités non répétitives et dont la durée et la séquence peuvent être variables et moins bien connues;

- Le projet implique souvent une grande variété d'activités réalisées par des groupes d'employés différents et qui peuvent ne jamais avoir travaillé ensemble. La planification du projet est donc essentielle pour qu'on puisse bien coordonner le réseau des tâches à accomplir;

- Puisque l'horizon du projet peut être très long, le risque que des problèmes ou des événements imprévus viennent retarder certaines activités est plus élevé. La planification doit donc identifier la marge de manœuvre dont on dispose et tenir compte de l'incertitude lors de l'estimation de la durée des activités.

Comme pour toute démarche de planification, on a intérêt à adopter une approche structurée et de bons outils. Les prochaines sections illustreront cette approche et ces outils à partir d'un exemple concret : une chaîne de restaurants a décidé de faire l'acquisition d'un logiciel de préparation des horaires des employés. Présentement, la préparation des horaires est confiée au gérant de chaque succursale, qui fait de son mieux pour préparer manuellement, par tâtonnements, un horaire convenable. On a décidé d'embaucher un nouvel employé qui préparera tous les horaires directement du siège social de l'entreprise. Toutefois, les gérants doivent aussi être en mesure de saisir des informations dans le système et de faire des réajustements, au besoin. Il faut maintenant planifier le projet.

Découper le projet en activités à réaliser

La première étape de la planification des projets commence dès que la nature et l'ampleur du projet ont été clairement définies, habituellement en collaboration avec le client (si le projet est un produit ou un service vendu) ou en collaboration entre les dirigeants des services impliqués (s'il s'agit d'un projet interne). Cette étape consiste à identifier les activités qui devront être réalisées et à déterminer qui en est responsable.

Pour le projet d'acquisition et d'implantation du logiciel de préparation des horaires (ci-après désigné comme « notre projet »), il faut demander au Service du personnel de recruter un nouvel employé pour le poste de planificateur d'horaires et de procéder aux formalités d'embauche. Il faut aussi qu'un petit comité, composé du directeur des opérations, du responsable des services informatiques et du directeur des achats, se penche sur les différents logiciels disponibles et fasse un choix final, après quoi le Service des achats pourra procéder à la négociation de l'entente et à la rédaction du contrat. On prévoit déjà qu'il faudra faire traduire en français le manuel de l'utilisateur, tous les fabricants des logiciels considérés n'ayant qu'un manuel en anglais; cette tâche sera prise en charge par le Service du personnel. Une fois le logiciel choisi, l'équipe des services informatiques doit installer la plate-forme sur le serveur et effectuer certains tests. Le nouvel employé embauché pour préparer les horaires procédera ensuite à la saisie des données concernant les employés de l'entreprise (à partir des listes d'employés provenant des restaurants et du Service du personnel) et les contraintes d'horaires propres à chaque restaurant. Le Service du personnel verra aussi à ce que tous les gérants soient formés à l'utilisation du logiciel. Avant d'utiliser le système dans toutes les succursales, on fera un essai pilote dans trois établissements, qui seront choisis pendant la période de formation en fonction de la réceptivité des gérants au nouveau système. Après les réajustements qui pourraient être nécessaires, les résultats de l'expérience seront communiqués à toutes les succursales par le directeur des opérations, et l'on sera prêt à utiliser le nouveau système. Le projet sera alors considéré comme terminé.

Estimer la durée des activités et identifier les relations de précédence

Le chef de projet, ou la personne en charge de sa planification, doit ensuite travailler avec les personnes responsables de chacune des activités afin d'estimer leur durée avec le plus d'exactitude possible. Puisque toute la planification du projet repose sur ces estimations, il s'agit d'une étape cruciale. Il faut également identifier les relations de précédence entre les activités; cela consiste à déterminer quelles étapes ne peuvent commencer avant qu'une autre soit terminée. Dans notre cas, par exemple, on ne peut pas procéder à l'achat du logiciel tant que ce dernier n'a pas été choisi. De même, on ne

peut pas procéder à la formation du personnel tant que le manuel de l'usager n'a pas été traduit. À partir de toutes ces informations, le planificateur du projet prépare une table des préalables comme celle présentée au tableau 6.1. Pour faciliter le travail, chaque activité à réaliser est représentée par un code identifiant (ici, une lettre de l'alphabet).

Tableau 6.1 **Exemple de table des préalables pour « notre projet »**

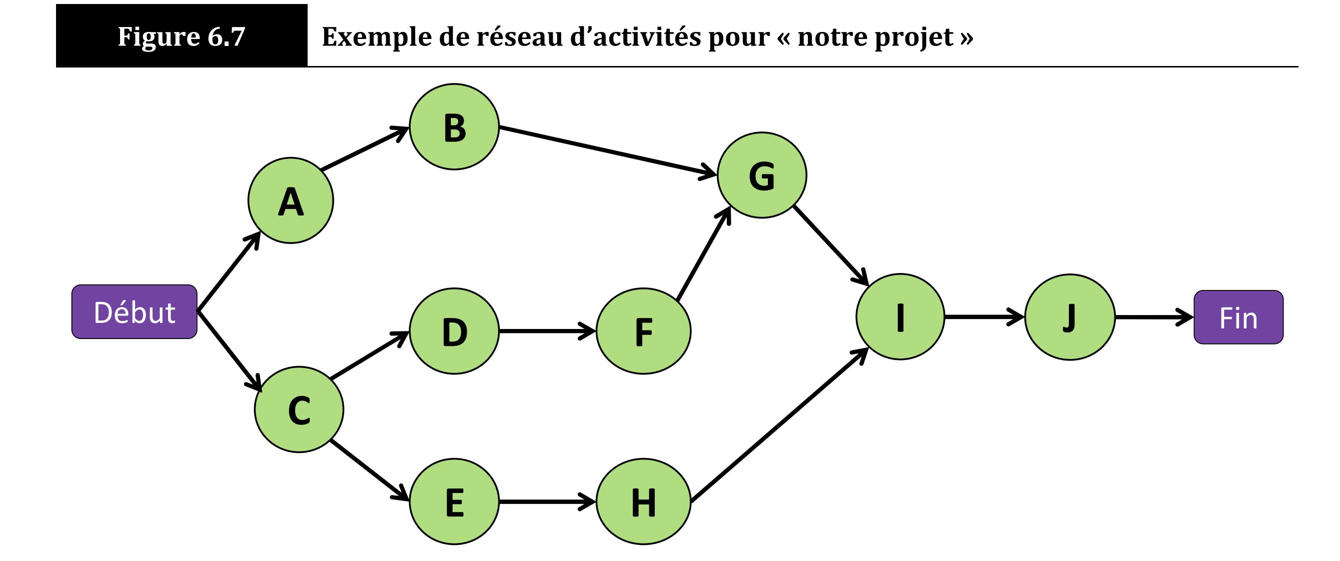
Activité	Description	Responsable	Durée estimée (en jours ouvrables)	Activités préalables
A	Recruter le nouvel employé	Service du personnel	25	-
B	Procéder à l'embauche	Service du personnel	5	A
C	Choisir le logiciel à acheter	Comité	10	-
D	Procéder à l'achat	Service des achats	8	C
E	Traduire le manuel de l'utilisateur	Service du personnel	35	C*
F	Installer la plate-forme et réaliser les tests	Services informatiques	22	D
G	Saisir les données	Nouveau planificateur	15	B, F
H	Former les gérants	Service du personnel	24	E
I	Réaliser l'essai pilote dans trois établissements	Opérations	30	G, H
J	Procéder aux réajustements, communiquer les résultats de l'essai et démarrer l'utilisation générale.	Opérations	15	I

*On a supposé qu'on pouvait procéder à la traduction du manuel dès que le logiciel a été choisi, même si l'achat n'est pas complété.

Préparer le réseau d'activités

L'étape suivante consiste à dessiner le réseau d'activités qui sera à la base du graphique de projet. Le réseau est composé de cercles (ou de rectangles) représentant chacune des activités; les cercles sont placés en ordre, de gauche à droite, selon la séquence de réalisation des activités. Les relations de précédence entre les activités sont indiquées par des flèches. La figure 6.7 montre le réseau d'activités de notre projet. Les étapes A et C n'ayant pas de préalables, ce sont elles qui se retrouvent au début du réseau, et l'on peut les effectuer en parallèle. La complétion de l'étape A permet de commencer l'étape B, et la complétion de l'étape C permet de commencer les étapes D et E. Une fois l'étape D terminée, on peut débuter l'étape F, et une fois l'étape E complétée, on peut débuter l'étape H. Les étapes G et I ayant chacune deux activités préalables, elles ne peuvent commencer qu'une fois que les deux préalables sont terminés. Enfin, l'étape J, qui marque la fin du projet, ne peut se faire qu'après l'étape I. Comme on peut le constater, la représentation graphique du réseau permet de visualiser facilement la séquence des différentes activités.

Figure 6.7 **Exemple de réseau d'activités pour « notre projet »**



Établir l'échéancier des étapes du projet

La planification du projet a entre autres pour but de répondre à trois questions essentielles :

1) À quel moment, au plus tôt et au plus tard, chaque activité pourra-t-elle commencer?

2) À quel moment, au plus tôt et au plus tard, chaque activité va-t-elle se terminer?

3) Quand, au plus tôt, le projet en entier pourra-t-il être complété?

On peut répondre à ces questions en ajoutant sur le réseau d'activités les temps de réalisation de chacune des activités, puis en réalisant de manière ordonnée quelques calculs simples. Pour bien distinguer les résultats de ces calculs, on divise le cercle de chaque activité en cinq zones, comme l'illustre la figure 6.8 : la zone centrale indique le code de l'activité et sa durée, et le reste du cercle est divisé en quatre quadrants. En partant du début du projet, on calcule les dates de début et de fin les plus hâtives pour chacune des activités, qui sont inscrites dans les deux quadrants supérieurs. Par exemple, l'étape A, qui est au tout début, ne peut pas commencer avant le jour 0; on inscrit alors ce chiffre dans le quadrant supérieur gauche, qui est réservé aux dates de début les plus hâtives. Puisque l'étape A a une durée de 25 jours, elle ne pourra pas se terminer avant le jour 25 (soit 0 + 25). C'est là sa date de fin la plus hâtive, qu'on inscrit dans le quadrant supérieur droit. Autrement dit, pour une activité donnée :

Date de fin la plus hâtive

=

Date de début la plus hâtive + Durée de l'activité

On peut alors passer à l'étape B, qui ne peut commencer tant que l'étape A n'est pas terminée. Donc, si l'étape A ne peut pas être terminée avant le 25e jour, c'est là la date de début la plus hâtive pour l'étape B. Puisque l'étape B requiert cinq jours, elle ne

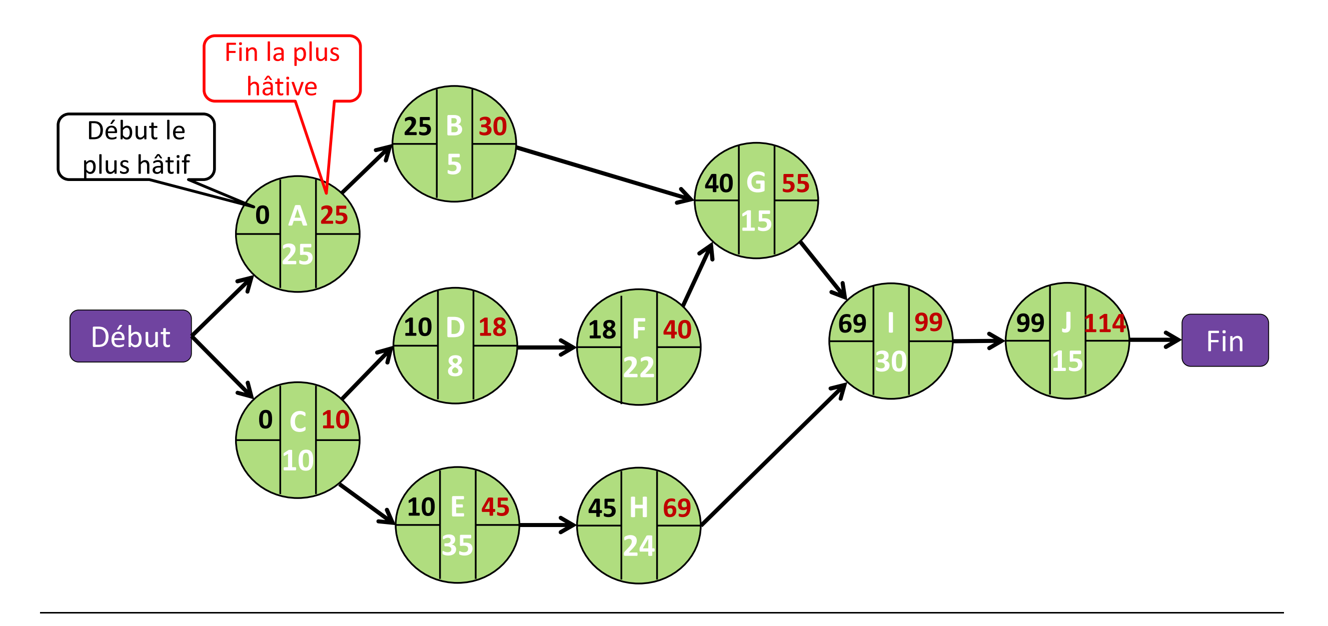
pourra pas être complétée avant le jour 30 (soit 25 + 5). On continue les calculs de la même manière pour toutes les activités du réseau, du début à la fin du projet. Dans le cas des activités qui ont plusieurs activités les précédant, la date de début la plus hâtive correspond à la fin de l'activité précédente qui se termine le plus tard. Par exemple, l'activité G ne peut débuter tant que les activités B et F ne seront pas terminées. Puisque la date de fin la plus hâtive de l'activité B est 30 jours et que celle de l'activité F est 40 jours, la date de début la plus hâtive pour l'activité G est le 40e jour. Autrement dit, pour une activité donnée :

Date de début la plus hâtive

=

Maximum (date de fin la plus hâtive des activités immédiatement précédentes)

Figure 6.8 **Le calcul des dates de début et de fin les plus hâtives**



En répétant les calculs pour toutes les activités, on constate que la date de fin la plus hâtive de la dernière étape du projet (étape J) est le 114e jour. Donc, si l'évaluation du temps requis pour chaque activité est correcte, le projet ne peut pas être complété en moins de 114 jours.

Puisque, de toute façon, il faudra 114 jours pour terminer le projet, on peut se demander si toutes les étapes présentent le même degré d'urgence. Considérons par exemple l'étape G : sa date de fin la plus hâtive est 55 jours, mais l'étape suivante (étape I) ne peut pas commencer avant le 69e jour, soit la date de fin la plus hâtive de l'étape H. Donc, même si l'étape G était retardée de quelques jours, cela n'aurait aucun impact sur le temps total de complétion du projet. L'étape G dispose donc d'une marge de manœuvre. Pour connaître la marge dont on dispose, on va ajouter au calcul des dates de début et de fin les plus hâtives deux autres dates, celles de début et de fin les plus tardives (c'est-à-dire à quel moment, au plus tard, chaque activité peut commencer et

se terminer sans retarder le projet dans son ensemble). Ces dates de début et de fin les plus tardives sont inscrites dans les quadrants inférieurs de chaque cercle. Pour les déterminer, il faut toutefois partir de la fin du projet et rebrousser chemin vers les étapes en amont. Les résultats sont indiqués à la figure 6.9.

Commençons donc par l'étape J : si l'on veut que le projet se termine le 114e jour, l'étape J doit se terminer au plus tard ce jour-là, et, conséquemment, commencer au plus tard le 99e jour. L'étape I, quant à elle, doit se terminer au plus tard le 99e jour et donc commencer au plus tard le 69e jour. On indique dans le quadrant inférieur droit la date de fin la plus tardive et, dans le quadrant inférieur gauche, la date de début la plus tardive. Comme on le voit, pour ces deux étapes, les dates de début et de fin les plus tardives sont identiques aux dates de début et de fin les plus hâtives. Toutefois, l'étape I a deux activités qui la précèdent immédiatement, les étapes G et H. Puisque l'étape H ne peut pas être terminée avant le 69e jour, l'étape G pourrait aussi se terminer au 69e jour sans que cela n'ait d'effet sur la durée totale du projet (c'est donc sa date de fin la plus tardive). Si l'étape G peut être terminée au plus tard le 69e jour et qu'il faut 15 jours pour la réaliser, on a donc jusqu'au 54e jour pour la commencer. Donc :

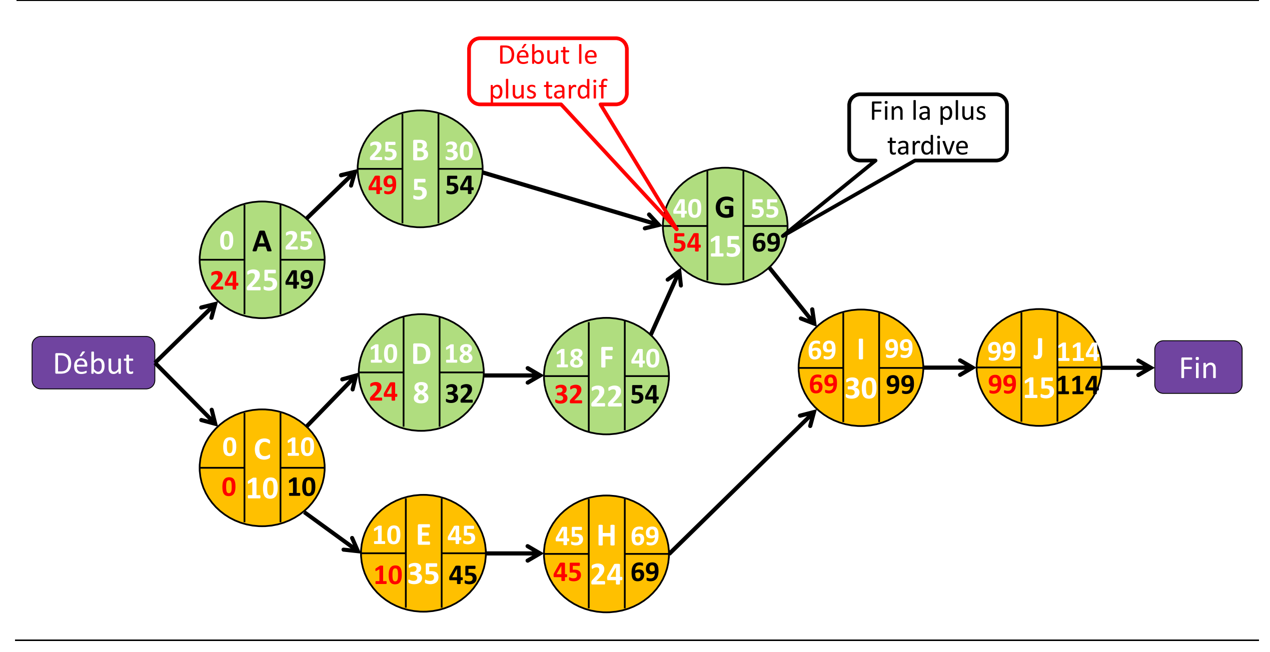
Date de début la plus tardive

=

Date de fin la plus tardive - Durée de l'activité

Si la date de début la plus tardive pour l'étape G est le 54e jour, les deux étapes qui la précèdent (B et F) pourraient n'être complétées qu'à ce moment-là. C'est donc leur date de fin la plus tardive, à partir de laquelle on peut calculer leur date de début la plus tardive (pour l'étape B, 49 jours, soit 54 – 5; pour l'étape F, 32 jours, soit 54 – 22). On continue les calculs de la même manière pour toutes les activités, en remontant vers le début du projet.

Figure 6.9 **Le calcul des dates de début et de fin les plus tardives (et graphique de projet complété)**



Remarquons que l'étape C a deux étapes qui la suivent directement, les étapes D et E. La date de début la plus tardive de l'étape D est 24 jours, alors que la date de début la plus tardive de l'étape E est 10 jours. Pour ne pas retarder l'étape E, l'étape C doit être terminée au plus tard le 10e jour; c'est donc là sa date de fin la plus tardive et, comme il faut dix jours pour la réaliser, l'étape C doit commencer au plus tard le jour 0. Autrement dit :

Date de fin la plus tardive

=

Minimum (date de début la plus tardive des activités immédiatement suivantes)

Une fois tous les calculs terminés, on obtient un graphique de projet complet. Comme on peut le constater, la détermination des dates de début les plus hâtives constituent un jalonnement des activités de l'amont vers l'aval (voir le chapitre 5), puisqu'on part du temps de départ et qu'on ajoute la durée des activités jusqu'à la fin. Au contraire, la détermination des dates de début les plus tardives est une forme de jalonnement en amont, puisqu'on part de la fin et qu'on remonte dans le temps pour savoir à quel moment, au plus tard, les activités doivent commencer.

On constate que pour certaines activités (les cercles orangés de la figure 6.9), les dates de début et de fin les plus hâtives sont égales aux dates de début et de fin les plus tardives. Autrement dit, ces étapes ne disposent d'aucune marge. On voit aussi que ces activités forment une séquence continue entre le début et la fin du projet. Cette séquence est appelée le *chemin critique*. Le chemin critique est défini comme la suite d'activités qui, entre le début et la fin du projet, prend le plus de temps à accomplir. C'est donc elle qui détermine la durée totale du projet. L'identification correcte du chemin critique est un élément important de la planification du projet puisque les étapes situées sur le chemin critique sont celles qui doivent être les plus étroitement contrôlées : tout retard sur une de ces activités entraîne le retard du projet. Notons qu'un projet pourrait comporter plusieurs chemins critiques ayant la même durée totale.

Si les activités situées sur le chemin critique ne disposent d'aucune marge, ce n'est pas le cas pour les activités qui ne sont pas situées sur le chemin critique. On peut calculer la marge dont elles disposent comme suit :

Marge

=

Date de début la plus tardive – Date de début la plus hâtive

Par exemple, l'étape G dispose d'une marge de 14 jours (soit 54 – 40) et l'étape A, d'une marge totale de 24 jours (soit 24 – 0). Le calendrier du projet peut être représenté sous forme de tableau indiquant la marge pour chacune des activités (voir le tableau 6.2).

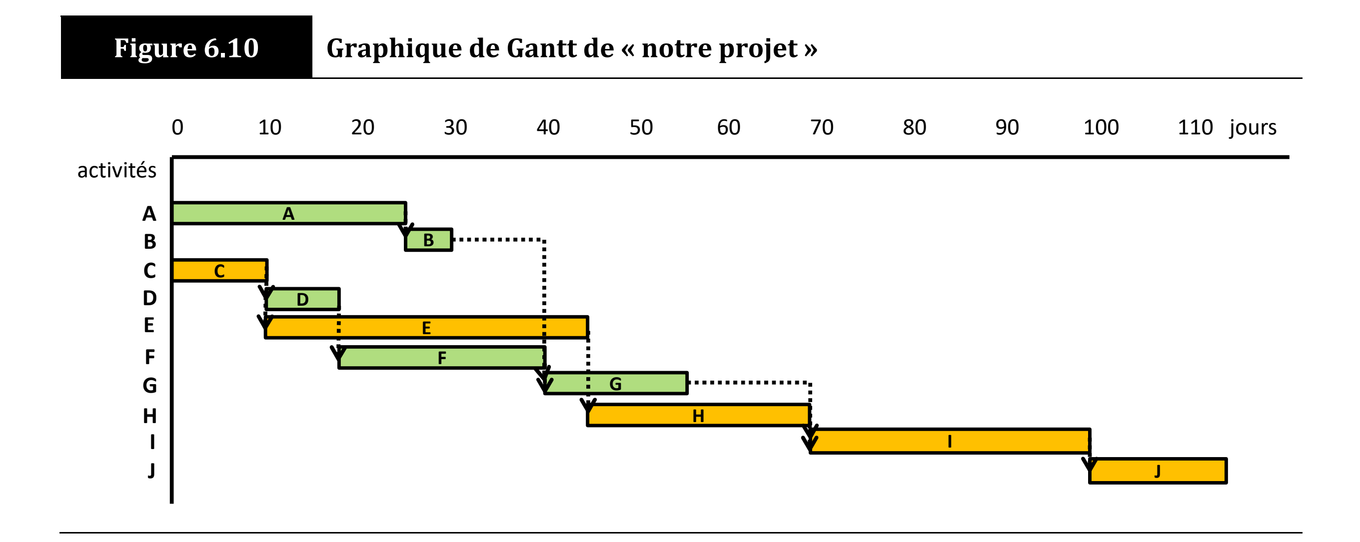
Tableau 6.2 Calendrier de « notre projet »

Activités	Description	Début le plus hâtif (jour)	Début le plus tardif (jour)	Marge	Fin la plus hâtive (jour)	Fin la plus tardive (jour)	Sur le chemin critique?
A	Recruter le nouvel employé	0	24	24	25	49	
B	Procéder à l’embauche	25	49	24	30	54	
C	Choisir le logiciel à acheter	0	0	0	10	10	✓
D	Procéder à l’achat	10	24	14	18	32	
E	Traduire le manuel de l’utilisateur	10	10	0	45	45	✓
F	Installer la plate-forme et réaliser les tests	18	32	14	40	54	
G	Saisir les données	40	54	14	55	69	
H	Former les gérants	45	45	0	69	69	✓
I	Réaliser l’essai pilote dans trois établissements	69	69	0	99	99	✓
J	Procéder aux réajustements, communiquer les résultats de l’essai et démarrer l’utilisation générale	99	99	0	114	114	✓

Le projet peut aussi être représenté sous la forme d’un graphique de Gantt (voir la figure 6.10). Ce mode de présentation est moins efficace que le graphique de projet si l’on cherche à visualiser les relations de précédence entre les activités. Par contre, il fait ressortir la marge de manœuvre dont on dispose à certaines étapes (la marge est représentée par la portée horizontale des flèches entre les activités reliées par des relations de précédence). Les deux modes de représentation sont complémentaires et les logiciels de planification de projet (tels que *Microsoft Project*) peuvent habituellement les produire tous les deux.

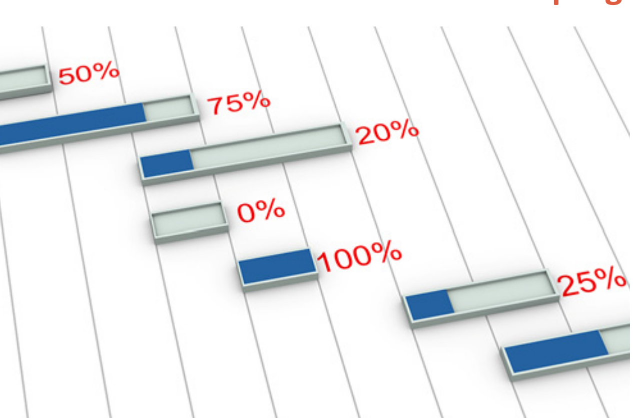
Remarquons que la marge est partagée par les activités qui se suivent sur un des chemins non critiques. Par exemple, la séquence constituée des activités D-F-G doit être terminée au plus tard le 69e jour pour ne pas retarder l’activité I. Toutefois, si l’activité D commence avec cinq jours de retard, elle retarde d’autant le début des activités F et G et réduit la marge qu’il leur reste. Ainsi, même si l’on accorde davantage d’attention au suivi des étapes situées sur le chemin critique, il ne faut pas pour autant négliger les autres activités. Il est important de noter que le chemin critique peut changer en cours de projet, si certaines étapes sont terminées plus rapidement que prévu ou si d’autres sont retardées.

Figure 6.10 **Graphique de Gantt de « notre projet »**



Par ailleurs, on a planifié « notre projet » en estimant une durée fixe pour chaque activité. Cette méthode peut être acceptable pour des projets relativement courts et dont les étapes ont été réalisées assez souvent pour qu'on puisse avoir une bonne idée de leur durée. Cependant, la plupart des projets sont soumis à de nombreux impondérables (mauvaise température qui retarde l'avancement des travaux, employés qui partent et doivent être remplacés, bris d'équipement ou difficultés techniques, retards de livraison, etc.). Les planificateurs vont donc adopter une approche probabiliste et, pour chaque activité, estimer un intervalle de temps plutôt qu'un temps fixe. Au temps probable de réalisation, l'on ajoutera un temps dit « optimiste » et un temps dit « pessimiste », qui seront associés à une distribution de probabilité. On pourra alors évaluer la probabilité que le projet soit complété dans différents horizons de temps[26]. Remarquons qu'il ne faut pas confondre l'écart entre le temps probable et le temps optimiste avec le calcul de la marge. La marge calculée au tableau 6.2 provient de l'existence d'une séquence d'activités contraignantes (le chemin critique) qui rend les autres activités moins pressantes, et non pas de la possibilité qu'une activité soit plus longue ou plus courte que le temps estimé.

Suivre la progression des travaux



Compte tenu des relations de précédence et de la complexité du réseau d'activités, le gestionnaire de projet doit suivre de près l'avancement des travaux. Le graphique de Gantt est alors un outil fort utile pour visualiser le calendrier du projet, et l'on pourra y ajouter le pourcentage d'achèvement de chaque activité, tel qu'illustré ci-contre.

Dans certaines circonstances, il peut être possible d'accélérer la réalisation de certaines étapes pour rattraper un retard et éviter de décaler les activités en aval. En effet, reporter des activités peut s'avérer très coûteux, par exemple si des fournisseurs ont été engagés pour réaliser des travaux à date fixe, ou encore si les

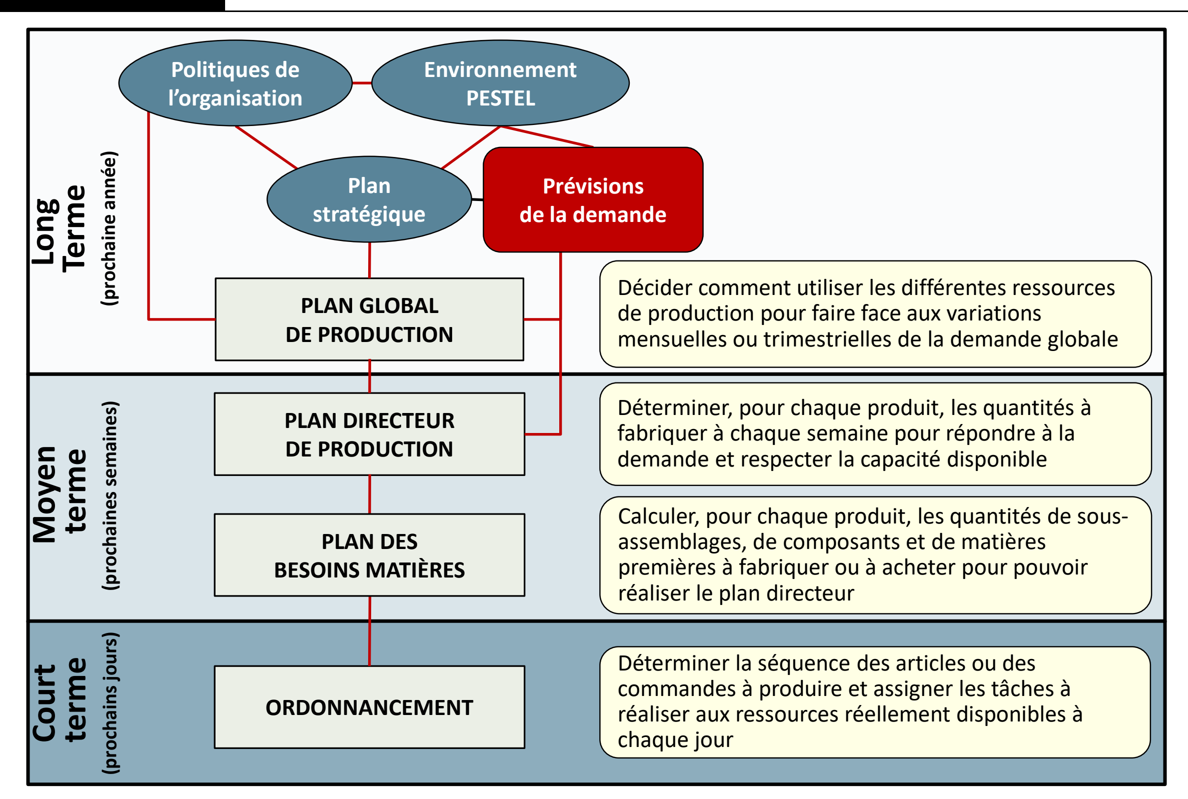
[26] Cette méthode est nommée *PERT* (pour *Program Evaluation and Review Technique*, ou technique d'évaluation et de révision des programmes). On en trouvera les détails dans tout manuel de gestion de projet (voir la section *Bibliographie* à la fin du livre).

clients imposent une pénalité en cas de retard du projet. Cependant, l’accélération des activités exige habituellement des ressources supplémentaires (main-d’œuvre, équipement), ce qui peut aussi être onéreux. De plus, il faut que les bonnes ressources soient disponibles en fonction du travail à faire. Il revient au gestionnaire de projet de bien assigner les ressources et de comparer les coûts d’accélération de certaines activités aux coûts qui seraient engendrés par un retard des activités subséquentes ou même du projet en entier.

6.5 Synthèse du chapitre

Ce chapitre nous a conduit jusqu’au bout du processus de planification. En s’appuyant sur le positionnement de l’organisation sur son marché et sur les attributs stratégiques qu’elle poursuit (chapitre 1), et après avoir soigneusement prévu la demande (chapitre 2), on a vu comment planifier globalement la production (chapitre 4). Le plan global établit le volume général de production pour chacun des mois de la prochaine année (ou plus), de manière à répondre au mieux à la demande tout en faisant une bonne utilisation des ressources disponibles. L’obtention de prévisions à plus court terme, parfois jumelée à la réception de commandes fermes, permet de passer au niveau de planification suivant, le plan directeur de production. On décide alors des quantités de chacun des produits qu’il faut lancer en production dans les prochaines semaines, lancements qui serviront ensuite à calculer les besoins matières (chapitre 5). Finalement, les lancements de fabrication des composants et des pièces établis par le PBM sont ordonnancés, et l’on procède au suivi des opérations planifiées. La figure 6.11, un rappel de la figure 4.1, illustre ces quatre niveaux de planification.

Figure 6.11 **Les quatre niveaux de planification des opérations**



Tout au long du processus de planification, on a pu voir l'importance des décisions stratégiques prises par l'organisation. Chacun des choix qu'il a fallu faire devait pouvoir s'ancrer dans des politiques claires quant aux attributs stratégiques à privilégier, mais l'importance d'établir et de communiquer les priorités de l'organisation ressort plus nettement au moment d'établir la séquence de traitement des commandes, des lots et des clients. Il est facile de dire que « tous les objectifs sont importants », mais lorsqu'il s'agit, très concrètement, d'ordonnancer les opérations, la nécessité des arbitrages nous rattrape. Faut-il privilégier la réduction de coûts ou le respect des délais? Jusqu'à quel point veut-on avantager les gros clients? Une petite commande sera-t-elle reportée indéfiniment pour laisser passer les plus importantes? Même si les plans doivent demeurer flexibles et s'adapter aux imprévus, les règles qui président à leur préparation doivent être claires et, surtout, appliquées avec constance. Rien n'est plus frustrant pour les employés que de chercher à suivre les critères de priorité fixés par l'organisation pour voir finalement leurs supérieurs chambarder constamment les plans établis pour cause « d'exceptions ». D'autre part, il est tout aussi important de sensibiliser les responsables des ventes au phénomène des files d'attente, qui est tout aussi présent dans les entreprises industrielles que dans les services. On évitera ainsi de faire aux clients des promesses qu'on sera incapable de tenir et, en conséquence, d'engendrer des mécontentements qu'on aurait pu prévenir.

Les principes et méthodes qui sous-tendent la planification des projets sont similaires à ceux employés lors du contrôle des activités de production. Dans les deux cas, on cherche à établir un calendrier qui tienne compte de la durée et de la séquence d'activités à réaliser, à assigner ces activités aux meilleures ressources disponibles et enfin à suivre de près l'avancement des travaux. Les outils présentés ici permettent essentiellement de bien visualiser le travail à faire : graphiques de Gantt (calendrier de production, calendrier de charge, etc.), réseau d'activités et graphique de projet. Lorsqu'il s'agit d'établir la séquence d'exécution des travaux, on peut procéder manuellement par essais et erreurs pour les situations très simples, mais dès que les problèmes d'ordonnancement sont un tant soit peu compliqués, il faut recourir à la programmation pour trouver des solutions. Heureusement, de nouveaux logiciels font régulièrement leur apparition pour soutenir le travail des planificateurs et des gestionnaires de projet.

Questions de révision

Vrai ou faux?

1.	L'ordonnancement est l'étape de planification des opérations qu'on retrouve dans le plus grand nombre d'organisations.	
2.	La gamme de fabrication est un document qui présente la liste des opérations à réaliser et, pour chaque étape, les postes de travail capables de la réaliser, le temps requis et les spécifications à atteindre.	
3.	Le contrôle des activités de production et le suivi de l'avancement des travaux sont des expressions synonymes qui désignent une seule et même activité.	
4.	L'adoption d'un flux unitaire ou le transfert des produits en cours en lots partiels permet normalement de réduire le temps total du cycle de production.	
5.	Le temps opératoire inclut le temps d'attente, le temps de mise en route et le temps de transport d'une étape à l'autre.	
6.	Si l'on établit la séquence des commandes en fonction du délai de livraison le plus rapproché, on aura nécessairement moins de retards de livraison.	
7.	La règle de priorité « premier arrivé, premier servi » est surtout utilisée dans les entreprises de services.	
8.	Si l'on fait suffisamment d'efforts d'ordonnancement, on trouvera éventuellement une séquence de réalisation des commandes qui satisfasse l'ensemble des critères de priorité.	
9.	Le graphique de Gantt est la meilleure technique pour établir la séquence de travail ou en faire l'assignation.	
10.	Lorsqu'ils sont illustrés sous la forme d'un graphique de Gantt, le calendrier de production présente dans l'axe vertical les différentes commandes à réaliser, alors que le calendrier de charge présente dans l'axe vertical les différents postes de travail.	
11.	Dans un système à flux poussé, le lancement est déclenché en fonction d'un besoin anticipé alors que dans un système à flux tiré, le lancement est déclenché à partir de la demande réelle.	
12.	En gestion de projet, la représentation du réseau d'activités sous forme graphique permet de visualiser les relations de précédence entre les activités.	
13.	Le chemin critique est la séquence d'activités qui, entre le début et la fin du projet, prend le plus de temps à accomplir.	
14.	Pour les étapes situées sur le chemin critique, les dates de fin les plus hâtives sont identiques aux dates de début les plus hâtives.	
15.	Pour les étapes situées sur le chemin critique, la marge est égale à zéro.	

Problèmes résolus

1. BFG inc.

BFG inc. est une entreprise de recherche marketing qui réalise différents types de mandats, dont des sondages auprès des consommateurs. Ce type de mandat comporte deux étapes, la réalisation du sondage en tant que tel (c.-à-d. contacter des répondants par téléphone) et la rédaction du rapport (qui inclut l'analyse des données). Les deux étapes sont réalisées par des équipes distinctes travaillant en parallèle, mais on ne commence pas la rédaction du rapport tant que le sondage n'est pas terminé. On a présentement cinq mandats en attente, dont les temps estimés et les échéances de livraison sont indiqués au tableau ci-dessous (tous les temps sont en jours ouvrables). Le numéro des mandats reflète l'ordre dans lequel ils ont été reçus.

Mandat	Temps requis pour la réalisation du sondage	Temps requis pour la rédaction du rapport	Délai restant d'ici la remise du rapport aux clients
M1	12	10	25
M2	6	5	15
M3	6	8	32
M4	3	5	16
M5	8	15	30

1.1 Établissez la séquence de production en utilisant le critère du délai de livraison le plus rapproché (DLR), et tracez le calendrier de charge (graphique de Gantt) correspondant.

1.2 Établissez la séquence de production en utilisant le critère « premier arrivé, premier servi » (PAPS), et tracez le calendrier de charge (graphique de Gantt) correspondant.

1.3 Comparez les deux séquences au regard des indicateurs de performance suivants :

- nombre de commandes en retard et en avance;
- retard moyen des commandes et des commandes en retard;
- retard maximum des commandes en retard;
- temps mort à l'étape de rédaction du rapport.

2. Elixor Pharmaceuticals inc.

Elixor Pharmaceuticals inc. fabrique des comprimés vendus sur ordonnance. La fabrication comprend plusieurs étapes, dont les deux principales sont la granulation et la compression. Lors de la granulation, les ingrédients sont soigneusement pesés et mélangés dans des mélangeurs industriels; ils sont ensuite mouillés, homogénéisés, séchés et broyés jusqu'à l'obtention de granules uniformes. L'ensemble des opérations de granulation prend, en moyenne, environ six heures, et elles ne peuvent pas être interrompues. Tout l'équipement requis est regroupé dans une pièce isolée et toute la pièce doit être nettoyée de fond en comble après chaque granulation, ce qui prend quatre heures (les opérations de nettoyage peuvent être interrompues et continuées le lendemain). On a présentement deux salles de granulation pouvant fonctionner en parallèle, l'une dotée d'un mélangeur d'une capacité de 50 kg, et l'autre dotée d'un mélangeur d'une capacité de 100 kg.

La deuxième étape est la compression des granules pour former un comprimé. L'entreprise dispose d'un seul appareil à compression. Une fois la mise en route et les ajustements effectués (ce qui prend environ deux heures, incluant le nettoyage des appareils, et doit être fait immédiatement avant la compression du lot et une fois qu'on a reçu les granules), la compression elle-même prend une heure pour chaque 50 kg de granules, et elle ne peut pas être interrompue. Lorsqu'un lot est complété, il est transféré aux étapes suivantes du processus, où les dates de réception des comprimés ont été fixées lors de l'établissement du plan des besoins matières.

Daniel Cyr doit préparer le calendrier de production de la prochaine semaine. Compte tenu des contraintes de fabrication, les employés travaillent sur deux quarts de travail consécutifs (de 8 h à 16 h et de 16 h à 24 h), quatre jours par semaine. Ils peuvent donc se relayer et continuer un lot déjà commencé, mais les opérations de granulation et de compression doivent être terminées à minuit. De plus, les employés sont remplacés pendant leurs périodes de pause et de repas. Voici les commandes dont Daniel doit lancer la production :

Lot	Produit et quantité à fabriquer	Délai avant la date de réception planifiée (en heures ouvrables)
L101	Voladox 10 mg, 100 kg	20
L102	Graminel 50 mg, 100 kg	16
L103	Astripine 100 mg, 50 kg	22
L104	Genovex 50 mg, 100 kg	32
L105	Graminel 100 mg, 100 kg	48
L106	Balovox 200 mg, 50 kg	40
L107	Pilofax 20 mg, 50 kg	54
L108	Voladox 25 mg, 100 kg	36

2.1 Préparez le calendrier de charge en utilisant comme critère d'ordonnancement le délai le plus rapproché (DLR). N'oubliez pas de respecter toutes les contraintes de production.

2.2 Y aura-t-il des lots en retard? Si oui, lesquels?

2.3 Vous semble-t-il possible d'améliorer l'ordonnancement actuel? Si oui, comment? Serait-il avantageux d'acheter un 2e appareil à compression, puisqu'il y a deux salles de granulation?

3. Le parc de Sainte-Georgette-des-douleurs

La ville de Sainte-Georgette-des-douleurs (la sainte patronne des étudiants en gestion!) a récemment obtenu une subvention du gouvernement provincial lui permettant d'ériger sur le parc de la ville un terrain de jeu pour les enfants. Le projet de construction comporte neuf étapes. Voici le tableau des préalables ainsi que la durée prévue de chacune des activités.

Activité	Étape(s) préalable(s)	Durée (en jours)
A	-	9
B	A	7
C	A	3
D	B	6
E	B	9
F	C	4
G	E, F	6
H	D	5
I	G, H	3

3.1 Dessinez le graphique de projet en indiquant, pour chacune des activités du réseau, les jours de début et de fin les plus hâtifs et les plus tardifs.

3.2 Quel est le chemin critique et combien faudra-t-il de temps pour compléter le projet?

3.3 Quelles sont les étapes qui disposent d'une marge, et quelle est la valeur de cette marge?

4. L'atelier d'impression 3D

Un atelier d'impression en trois dimensions (3D) a présentement sept commandes à traiter. Chaque commande requiert la réalisation de deux étapes successives. Le tableau ci-dessous indique le numéro de chaque commande (par ordre d'arrivée), le temps estimé pour chacune des étapes, et enfin le délai de livraison promis au client.

Numéro de commande	Étape 1	Étape 2	Délai restant
C1	4	8	14
C2	13	9	22
C3	1	3	12
C4	5	4	7
C5	10	11	24
C6	8	6	15
C7	4	6	23

Le planificateur a décidé de réaliser le travail selon la séquence suivante :

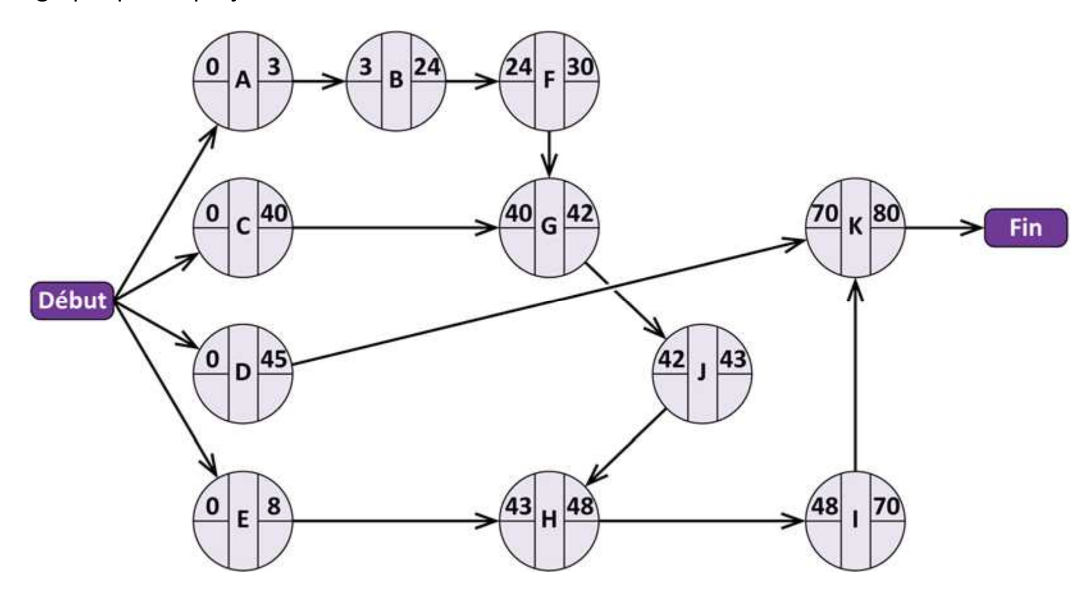
C3 – C4 – C7 – C1 – C6 – C5 – C2

4.1 La séquence choisie par le planificateur correspond à quel critère d'ordonnancement?

4.2 Quelle serait la séquence de réalisation des commandes si on utilisait la méthode de la marge libre minimale (MLM)?

5. La soirée Hommage

Un groupe d'étudiants a décidé d'organiser une soirée visant à rendre hommage aux personnes qui les ont le mieux soutenus dans leurs études. Puisque les étudiants ont appris comment bien planifier un projet, ils ont dressé le graphique de projet suivant :



5.1 Faites l'ébauche de la table des préalables qui correspond à ce graphique (lettre de l'activité, durée estimée, activité préalable).

5.2 Complétez le graphique de projet en indiquant les dates de début et de fin les plus tardives. Identifiez aussi le chemin critique.

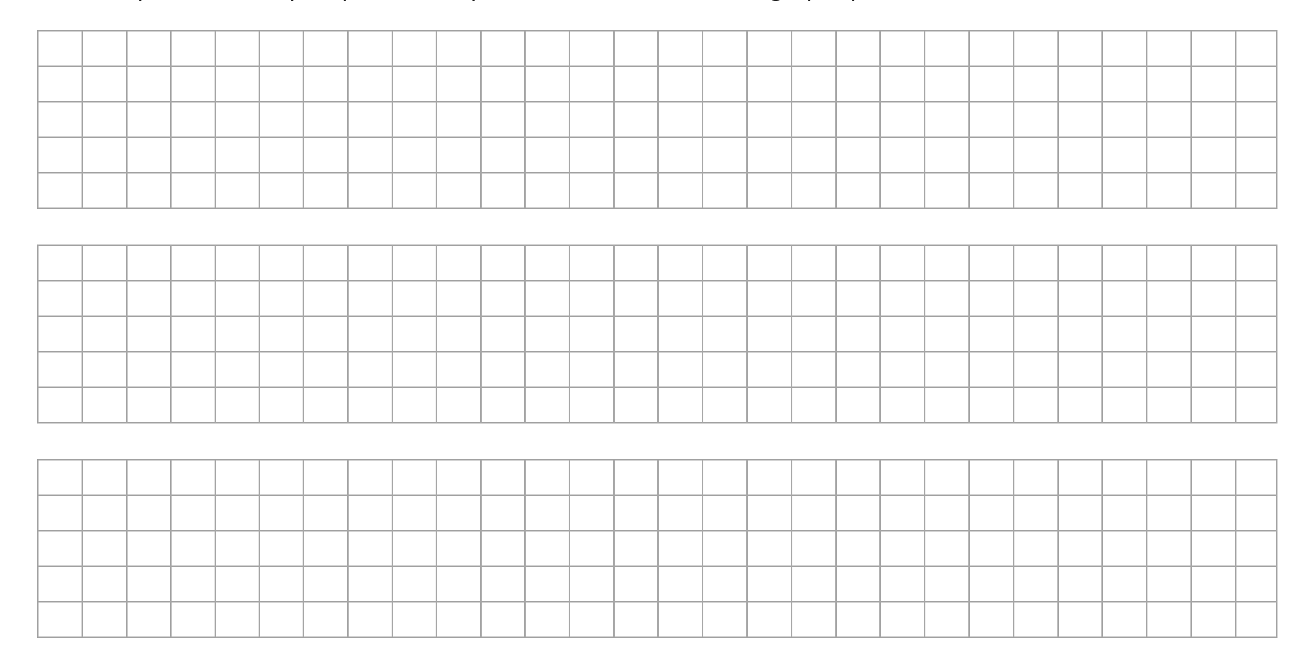
Problèmes non résolus

1. Les Moulages Quick & Easy

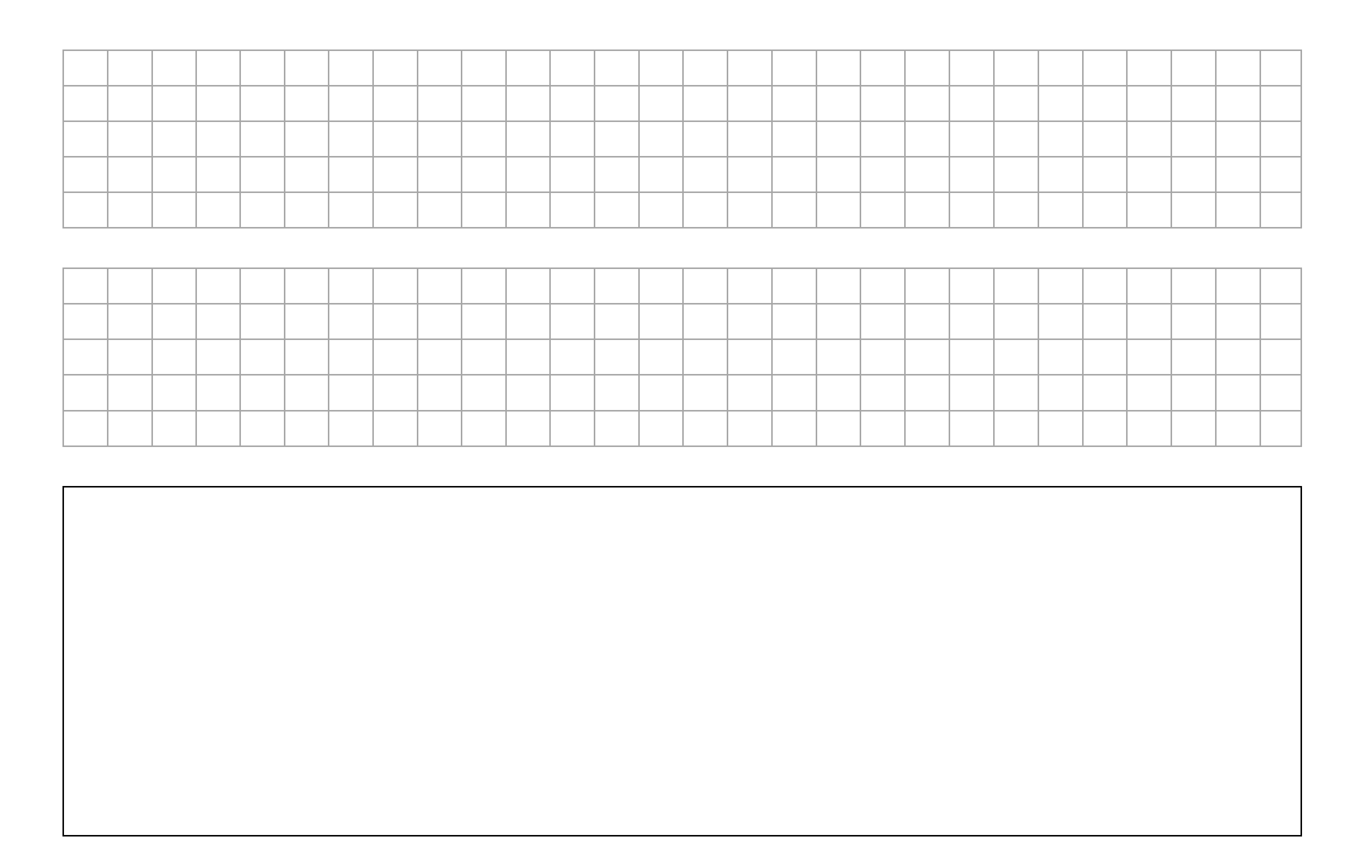
L'entreprise Les Moulages Quick & Easy, située à LaSalle, fabrique des pièces de plastique en utilisant la technologie du moulage par injection. Ses clients sont surtout des fabricants de jouets bon marché qui distribuent leurs produits dans les magasins à escompte. Le processus de fabrication lui-même ne compte que deux étapes : le moulage des pièces et, une fois que toutes les pièces d'un lot ont été moulées, leur ébavurage[27]. Toutefois, il faut compter deux heures de mise en route entre chaque lot, à moins qu'il s'agisse du même type et de la même couleur de plastique, auquel cas la mise en route ne prend qu'une heure. De plus, après la fabrication, il faut compter ensuite deux journées pour le contrôle de la qualité, l'emballage et la livraison. En ce 1er septembre, le calendrier de commandes pour l'atelier nº 3 et l'évaluation des temps requis pour leur réalisation sont les suivants :

Nº de commande	Couleur	Date de la commande	Date de livraison promise	Temps restant avant d'acheminer au contrôle de qualité (jours ouvrables)	Temps de moulage (jours)	Temps d'ébavurage (jours)
C1	Jaune #12	22 août	8 septembre	5	4	5
C2	Rouge #37	24 août	14 septembre	10	2	6
C3	Blanc #104	24 août	10 septembre	6	4	1
C4	Noir #18	27 août	27 septembre	19	5	3
C5	Blanc #104	28 août	23 septembre	15	8	5

Dans quel ordre devrait-on réaliser les commandes? Comparez différentes séquences en traçant les graphiques de Gantt correspondants (calendriers de charge), puis évaluez la performance de chaque séquence. Pour simplifier, n'indiquez pas les temps de mise en route sur le graphique.



[27] L'ébavurage consiste à enlever manuellement les petites aspérités de plastique qui peuvent rester sur les pièces après le moulage. Dans le cas des jouets, c'est une étape particulièrement importante pour éviter que les enfants se blessent.



2. La clinique Écho-bébé

La clinique Écho-bébé est spécialisée dans les examens prénatals et postnatals. La majorité des clientes vient y passer un examen médical de routine suivi d'une échographie, laquelle est parfois accompagnée de prélèvements sanguins. La durée de la rencontre avec le médecin et celle de l'examen sont susceptibles de varier selon les cas et il est impossible de les connaître à l'avance. Selon les médecins interrogés, on parvient en moyenne à voir six clientes à l'heure.

Les clientes doivent prendre un rendez-vous avant de se présenter à la clinique. Comme il y a toujours des clientes qui ne se présentent pas, et pour que les médecins aient un flux de travail continu, on fixe sept rendez-vous en même temps, au début de chaque heure. Ainsi, sept clientes ont rendez-vous à 9 h, sept autres à 10 h, etc. À leur arrivée à la clinique, les clientes s'inscrivent au comptoir d'accueil et chacune est ensuite reçue par le médecin selon son ordre d'arrivée (première arrivée, première servie), puis se présente à l'échographie ou aux prélèvements. À chaque étape, une assistante note au dossier des patientes la durée de la prestation de service. Le tableau ci-dessous montre comment se sont déroulés les rendez-vous de 9 h au cours d'une journée récente.

Cliente	Heure d'arrivée	Durée de la rencontre avec le médecin	Durée de l'échographie et des tests
1. Émilie Juhant	9 h 00	25 min.	20 min.
2. Isabelle Nazon	8 h 55	10 min.	20 min.
3. Saana Batour	9 h 05	10 min.	5 min.
4. Perrine Huss	8 h 50	20 min.	-
5. Jennyfer Caron	8 h 58	10 min.	10 min.
6. Marie-France Rancourt	9 h 02	5 min.	10 min.

2.1 Que pensez-vous de la façon de fixer les rendez-vous à la clinique Écho-bébé? Discutez.

2.2 Si toutes les clientes ont été vues par le même médecin, qui est arrivé à 9 h 10, à quelle heure chacune d’entre elles est-elle sortie de la clinique? Illustrez votre réponse à l’aide d’un graphique de Gantt (sous forme de calendrier de production ou sous forme de calendrier de charge).

2.3 Dans cette situation, serait-il possible d'utiliser un autre critère que « première arrivée, première servie » pour établir la séquence dans laquelle les clientes seront vues? Discutez.

3. Le projet d'agrandissement

Meubles Pouliot est une PME beauceronne qui connaît beaucoup de succès. On souhaite maintenant agrandir l'usine de manière à en doubler la capacité actuelle de production. L'entreprise dispose déjà d'un vaste terrain prêt à la construction, et les plans de la nouvelle section ont été complétés récemment. Alain Pouliot, le fils du propriétaire fondateur, a été mis en charge de la planification du projet.

La construction elle-même comporte plusieurs étapes : d'abord, il faut préparer les fondations, ce qui devrait prendre quatre semaines; on pourra ensuite procéder à l'érection des murs et à la pose du toit (dix semaines). Une fois le gros œuvre terminé, on peut procéder à la finition extérieure (cinq semaines) et, en même temps, installer dans les murs intérieurs l'électricité (deux semaines) et la tuyauterie (trois semaines). Une fois que l'électricité et la tuyauterie sont installées, on peut faire la finition intérieure (cinq semaines).

L'agrandissement de l'usine requiert aussi l'achat de nouvel équipement de production et l'aménagement des postes de travail. Il faut donc demander des soumissions aux principaux fournisseurs possibles et les analyser (six semaines), puis procéder aux achats et attendre les livraisons (plusieurs appareils provenant de l'étranger, on estime qu'il faudra au moins 12 semaines avant de tout recevoir). Si l'équipement est reçu avant la fin de la finition intérieure, il sera stocké jusqu'à ce qu'on puisse procéder à l'installation dans la nouvelle section (une semaine).

Enfin, il faut procéder au recrutement et à la formation des nouveaux employés. La région possédant un bon bassin de main-d'œuvre qualifiée, on estime qu'il faudra environ huit semaines pour mener à bien l'ensemble du processus d'embauche. Les nouveaux employés travailleront ensuite avec les anciens pendant six semaines pour bien comprendre les particularités des produits fabriqués par Meubles Pouliot. M. Pouliot souhaite que cette formation soit complétée à temps pour que les nouveaux employés puissent participer à l'installation du nouvel équipement et à l'aménagement des postes de travail.

3.1 Établissez la table des préalables pour ce projet.

3.2 Dessinez le réseau des activités du projet, puis calculez les dates de début et de fin les plus hâtives, et ensuite les dates de début et de fin les plus tardives. Quel est le chemin critique et dans combien de temps, au plus tôt, le projet sera-t-il terminé?

4. Le bureau comptable

Un petit bureau comptable réalise différents types de mandats pour des particuliers ou des PME. La plupart du temps, le travail se fait en deux étapes consécutives. D'abord, un employé administratif fait le tri et la saisie des informations fournies par les clients. Selon le client et la nature du mandat, cette activité peut prendre plusieurs heures.

Une fois que toutes les données sont saisies, la comptable analyse les données et effectue le traitement nécessaire, que ce soit de produire des états financiers ou de faire des rapports pour les successions ou pour l'impôt. Ici encore, le temps requis est variable selon le cas. En ce lundi matin, on a six dossiers à traiter, et on a estimé le temps requis pour réaliser les deux étapes. Pour l'instant, l'ordre des dossiers est celui dans lequel ils ont été reçus, mais les clients ont déjà des rendez-vous pour revenir chercher leurs dossiers complétés. Le nombre d'heures d'ici chaque rendez-vous est indiqué dans le colonne de droite. Pour faciliter la planification, toutes les durées sont en heures ouvrables. Il n'y a qu'un employé administratif et une comptable pour faire ce travail.

En ce lundi matin, on a six dossiers à traiter, et on a estimé le temps requis pour réaliser les deux étapes. Pour l'instant, l'ordre des dossiers est celui dans lequel ils ont été reçus, mais les clients ont déjà des rendez-vous pour revenir chercher leurs dossiers complétés. Le nombre d'heures d'ici chaque rendez-vous est indiqué dans la colonne de droite. Pour faciliter la planification, toutes les durées sont en heures ouvrables. Il n'y a qu'un employé administratif et une comptable pour faire ce travail.

Dans quel ordre devrait-on traiter les dossiers? Essayez différentes séquences et déterminez-en les conséquences.

	Saisie des données (heures)	Analyse et traitement (heures)	Délai (heures)
Dossier # 1	6	10	20
Dossier # 2	2	6	24
Dossier # 3	0	6	22
Dossier # 4	8	4	14
Dossier # 5	4	2	32
Dossier # 6	8	12	30







7.1 La notion d'approvisionnement

À moins de produire soi-même tout ce dont on a besoin pour vivre – ce qui est très rare de nos jours – tout le monde doit régulièrement faire l'achat d'aliments, de vêtements ou d'autres produits ou services nécessaires à la vie de tous les jours. La notion d'achats, qui constitue le cœur de la fonction approvisionnement, n'est donc étrangère à personne. Les entreprises aussi doivent procéder à de nombreux achats, qu'il s'agisse des matières premières et des pièces qui entrent dans la fabrication des produits qu'elles vendent, des équipements nécessaires à la production ou encore de l'énergie (gaz, électricité, etc.) dont elles ont besoin. De plus, toutes les organisations, qu'elles soient industrielles ou de services, petites ou grandes, publiques ou privées, achètent diverses fournitures de même qu'une variété de services qu'elles ne peuvent pas ou ne veulent pas réaliser elles-mêmes (services bancaires, entretien, déneigement, etc.).

L'approvisionnement inclut la gestion des achats mais englobe aussi tout un ensemble de décisions et d'activités :

- Les décisions relatives à la meilleure façon de faire l'acquisition des produits et services dont on a besoin : Doit-on réaliser les produits et services nous-mêmes ou vaut-il mieux les sous-traiter ou les impartir[28]? Vaut-il mieux acheter ou louer les édifices et l'équipement nécessaires? L'achat n'est qu'un des modes d'acquisition possibles;

- Les décisions relatives aux types de relation à établir avec les fournisseurs : Doit-on traiter directement avec les manufacturiers des produits requis ou passer par l'intermédiaire d'un distributeur? Devrait-on privilégier l'achat local ou l'achat international? Doit-on concentrer les achats auprès d'un petit nombre de sources ou les répartir entre plusieurs fournisseurs? Préfère-t-on établir des relations de collaboration avec certaines firmes ou laisser les fournisseurs entrer en concurrence pour profiter du meilleur prix?;



- Les activités de transport, de manutention (déchargement et déplacements) et de conservation (étiquetage, rangement, stockage) des marchandises achetées jusqu'à leur utilisation en production[29], de même que la gestion du retour des contenants réutilisables;

- Les activités de revente des surplus d'actifs (équipements dont on n'a plus besoin ou stocks de produits dont on veut se débarrasser) et la disposition sécuritaire, économique et écologique des rebuts ou des articles inutilisables (rejets de fabrication, produits détériorés, etc.).

[28] Bien que ces termes soient souvent vus comme synonymes, la sous-traitance fait référence à la production d'un bien par un fournisseur selon les spécifications de son client, alors que l'impartition réfère à réalisation d'un service par un tiers (par exemple l'impartition du Service de la paie).

[29] Notons que bien que ces activités relèvent de la gestion de l'approvisionnement, elles sont souvent confiées à une équipe distincte de gestionnaires des opérations.

Ces décisions et activités revêtent une importance stratégique majeure. D'abord, dans le cas des entreprises industrielles, la qualité et la disponibilité des matières premières, des pièces et des composants achetés ont un impact direct sur la qualité des produits fabriqués par l'entreprise et sur sa capacité à respecter ses délais de livraison et à être efficiente. De plus, la majorité des organisations font des achats récurrents et à grand volume, ce qui les amène à établir des relations à long terme avec plusieurs fournisseurs. On cherche à établir des alliances et des partenariats avec les fournisseurs et même à impliquer ces derniers dans la conception du produit et dans la gestion des matières. On attend aussi des organisations qu'elles portent de plus en plus attention au comportement éthique des fournisseurs auprès desquels elles s'approvisionnent, qu'il s'agisse des conditions de travail de leurs employés ou des enjeux environnementaux liés à la fabrication et à la disposition des déchets. À l'intérieur même de leur organisation, les gestionnaires de l'approvisionnement sont de plus en plus impliqués dans les décisions relatives au développement des produits et à la standardisation des pièces et des matières.

Il faut savoir que les achats représentent généralement, dans les entreprises industrielles, entre 50 % et 80 % du chiffre d'affaires de l'organisation, et ce pourcentage ne fait qu'augmenter au fur et à mesure que les entreprises automatisent leurs opérations et améliorent leur productivité. Par exemple, en 1950, les coûts de main-d'œuvre représentaient souvent 80 % du prix des produits, alors que les coûts des matières premières n'en constituaient que 20 %. Aujourd'hui, ces proportions sont presque inversées, et il n'est pas rare que les matières premières représentent de 60 % à 80 % du coût de revient d'un produit. Les achats sont donc le poste de dépenses qui a le plus d'impact sur la profitabilité des entreprises industrielles. C'est ce qu'on appelle *l'effet de levier de l'approvisionnement*, soit l'impact sur le bénéfice d'une variation à la hausse ou à la baisse du coût d'achat des matières.

Pour démontrer l'importance de cet effet de levier, considérons l'exemple d'une PME spécialisée dans la broderie, l'impression et la distribution de casquettes portant le logo de différentes équipes sportives. Supposons que cette entreprise achète les casquettes vierges au coût unitaire de 3 $, les imprime ou les brode selon les exigences des clients (au coût de revient de 0,60 $ l'unité) et les revend au prix de 6 $. Pour des ventes annuelles de 100 000 unités, les résultats pourraient s'établir ainsi :

	Coût unitaire	**Total**	**Ratio**
Ventes	6,00 $	600 000 $	
Achat des casquettes	(3,00 $)	(300 000 $)	(50 %)
Coûts d'impression/de broderie	(0,60 $)	(60 000 $)	(10 %)
Bénéfice brut	2,40 $	240 000 $	40 %
Frais d'exploitation	(1,30 $)	(130 000 $)	(21,7 %)
Profit net avant impôts	1,10 $	110 000 $	18,3 %

Si, par une meilleure gestion de l'approvisionnement, l'entreprise parvenait à réduire de 5 % les coûts d'approvisionnement en casquettes vierges, on obtiendrait les résultats suivants :

	Coût unitaire	**Total**	**Ratio**
Ventes	6,00 $	600 000 $	
Achat des casquettes	(2,85 $)	(285 000 $)	(47,5 %)
Coûts d'impression/de broderie	(0,60 $)	(60 000 $)	(10 %)
Bénéfice brut	2,55 $	255 000 $	42,5 %
Frais d'exploitation	(1,30 $)	(130 000 $)	(21,7 %)
Profit net avant impôts	1,25 $	125 000 $	20,8 %

Le calcul de l'augmentation des ventes requises présume que les frais d'exploitation sont variables, alors qu'ils sont généralement fixes.

Le profit net avant impôts augmente de 15 000 $, soit une hausse de 13,6 %. Donc, une réduction du coût d'achat de seulement 5 % s'est traduite par une augmentation des profits de plus de 13 %, d'où l'appellation d'« effet de levier ». Notons que pour obtenir une augmentation des profits équivalente en agissant sur les ventes, il aurait fallu augmenter les ventes de 13,6 %, ce qui aurait requis un effort assez important et aurait probablement exigé des dépenses en publicité ou en promotion. Évidemment, réduire le coût des matières premières demande aussi des efforts (recherche de nouveaux fournisseurs, négociation des prix, etc.), mais le coût de ces activités est généralement moindre que ceux encourus pour augmenter les ventes. Pourtant, on constate que les organisations ont tendance à accorder beaucoup plus d'attention aux moyens d'augmenter les ventes qu'à la bonne gestion de leurs approvisionnements.

Il est important de remarquer qu'une entreprise qui gère bien ses achats depuis longtemps peut avoir déjà obtenu tous les gains qu'il était possible de réaliser. Par ailleurs, il est essentiel de ne pas considérer simplement le prix d'achat mais l'ensemble des coûts liés à l'approvisionnement. Par exemple, une baisse du prix qui s'accompagnerait d'une baisse de qualité ou d'un manque de fiabilité dans les livraisons pourrait entraîner des retours de marchandise, des problèmes légaux, des retards de production, etc., et avoir au bout du compte un impact négatif. Les approvisionneurs doivent donc bien comprendre les enjeux, objectifs et besoins de l'entreprise lorsqu'ils font des choix; ils doivent aussi bien évaluer les conséquences d'une baisse de prix pour leurs fournisseurs et permettre à ces derniers de faire eux aussi un profit raisonnable.

7.2 En quoi la gestion de l'approvisionnement est-elle importante pour moi?

Compte tenu du rôle central de l'approvisionnement dans l'organisation, presque tous les autres gestionnaires auront à travailler de concert avec les approvisionneurs, ne serait-ce qu'en tant que requérants. En effet, même si la majorité des achats sont demandés par les gestionnaires des opérations, tous les services de l'organisation sont susceptibles de demander aux approvisionneurs d'effectuer des achats pour eux, ne serait-ce que des achats de fournitures de bureau ou de matériel informatique. Tous doivent donc être en mesure de décrire clairement les produits ou services à acheter et de comprendre les enjeux relatifs à l'approvisionnement et les contraintes qui en résultent.

Si je travaille en :

- **finance ou en comptabilité**, j'aurai à fournir les informations financières qui doivent être prises en compte lors des décisions d'approvisionnement. En particulier, lors de l'acquisition d'équipements de grande valeur, les impacts financiers respectifs de l'achat ou de la location doivent être bien évalués. Les responsables des comptes payables sont aussi en constante relation avec l'approvisionnement pour confirmer toutes les factures avant de les payer et pour s'assurer qu'on paie le bon prix pour les bonnes quantités. Tout écart constaté doit être transmis à l'approvisionneur qui verra à agir auprès du fournisseur. L'approvisionnement et la comptabilité doivent aussi bien s'entendre au sujet des modalités de paiement. Par exemple, il serait inutile pour un acheteur de négocier un rabais de 2 % pour paiement rapide si la politique de la comptabilité est de ne rien payer avant 30 jours. Il faudra aussi équilibrer les flux de trésorerie générés par les achats nécessaires à la production. Enfin, si je travaille en vérification, j'aurai probablement à interagir avec les approvisionneurs et à valider avec eux les pratiques d'achat;

- **gestion des systèmes d'information en gestion**, je devrai développer et maintenir les bases de données et les systèmes informatiques qui sont employés par les approvisionneurs. En effet, les approvisionnements doivent gérer annuellement des milliers de requêtes d'achat et maintenir à jour des centaines de dossiers-fournisseurs. Ils doivent donc être en mesure d'accéder rapidement à toute information relative aux achats ou aux fournisseurs, et disposer de systèmes d'analyse des données qui permettent rapidement d'évaluer et de comparer différents fournisseurs et différentes options d'approvisionnement. L'efficacité des systèmes d'information revêt alors une grande importance;

- **marketing**, si mon entreprise a surtout des clients commerciaux, j'aurai constamment affaire aux agents d'approvisionnement des entreprises clientes; il est donc essentiel que je comprenne comment ces derniers fonctionnent et comment interagir avec eux;

- **gestion des opérations et de la logistique**, j'aurai aussi à collaborer avec les approvisionneurs pour assurer l'efficacité et l'efficience du flux des matières (moyens de transport, de manutention, d'entreposage et de distribution appropriés). En tant que principal client interne, j'aurai aussi à fournir aux approvisionneurs les spécifications relatives aux matières premières, composantes, équipements et fournitures à acheter, et à fixer des exigences raisonnables et réalistes en matière de qualité et de délai. Enfin, il est très possible que durant ma carrière j'occupe moi-même un poste d'approvisionneur.

7.3 Le cadre de travail de l'approvisionneur

L'approvisionnement a longtemps été considéré comme une fonction purement administrative, qui se limitait à placer les commandes selon ce qui avait été déterminé par le service demandeur. De nos jours, la majorité des organisations reconnaissent le rôle stratégique de l'approvisionnement et, tel qu'indiqué dans la section précédente, les approvisionneurs entretiennent des liens étroits avec les autres gestionnaires. Cependant, il demeure que le cadre dans lequel évoluent les approvisionneurs les amène à avoir des exigences qui peuvent sembler strictes ou même inutilement bureaucratiques, mais qui sont néanmoins essentielles au bon fonctionnement de l'entreprise tout entière.

Tout d'abord, l'approvisionnement doit desservir ses « clients internes », c'est-à-dire tous les autres services de l'organisation qui ont besoin qu'on achète pour eux des marchandises ou des services. Mais puisque ce sont les fonds de l'organisation qui sont ainsi dépensés, l'approvisionnement doit agir en chien de garde pour éviter tout achat superflu et obtenir la meilleure source d'approvisionnement au meilleur prix. Ainsi, bien que d'autres membres de l'entreprise puissent avoir établi des contacts directs avec les représentants des fournisseurs, ce sont les gestionnaires de l'approvisionnement qui doivent coordonner la relation client-fournisseur et, ultimement, entériner les décisions d'achat. L'objectif ici n'est pas d'empêcher le service requérant d'obtenir les produits qu'il souhaite, mais de tenir compte d'un ensemble de facteurs qui influencent le choix des fournisseurs à un niveau plus global et que les clients internes peuvent ne pas avoir pris en compte (par exemple les achats similaires déjà faits par d'autres requérants, la présence de fournisseurs préqualifiés, la fiabilité à long terme, les garanties offertes, la disponibilité des pièces de rechange, etc.). De plus, ce n'est pas parce que nous faisons tous des achats dans la vie quotidienne que n'importe qui est capable d'acheter des produits ou des services pour son entreprise : l'approvisionneur est un professionnel bien formé aux pratiques d'achat et dont les compétences sont souvent reconnues par le biais de certifications et par l'appartenance à une corporation telle que la Corporation des approvisionneurs du Québec, liée à l' Association des gestionnaires en chaîne d'approvisionnement (AGCA).

Les gestionnaires de l'approvisionnement ont aussi pour rôle de faire respecter les politiques de l'entreprise en matière d'approvisionnement. Ces politiques peuvent inclure l'ouverture de l'entreprise à l'achat local ou international, l'accès à la sous-traitance ou à l'impartition, les liens de réciprocité existants avec d'autres entreprises, les règles d'attribution des contrats, etc. De plus, les approvisionnements sont réalisés dans un cadre légal strict et soumis aux lois sur le commerce. Les approvisionneurs doivent s'assurer

que les ententes avec les fournisseurs sont complètes, qu'elles protègent bien les intérêts de chacune des parties et qu'elles respectent toutes les lois qui s'appliquent, qu'il s'agisse des règlements municipaux ou des lois provinciales, fédérales ou internationales. L'accroissement des achats internationaux a d'ailleurs contribué à rendre le travail des approvisionneurs de plus en plus complexe et ces derniers doivent être bien au fait des règles du commerce international et de tout ce qui entoure le dédouanement et les devises. De plus, les approvisionneurs qui travaillent dans le secteur public et parapublic doivent aussi respecter les lois, règlements et procédures qui régissent les achats faits par les instances gouvernementales.

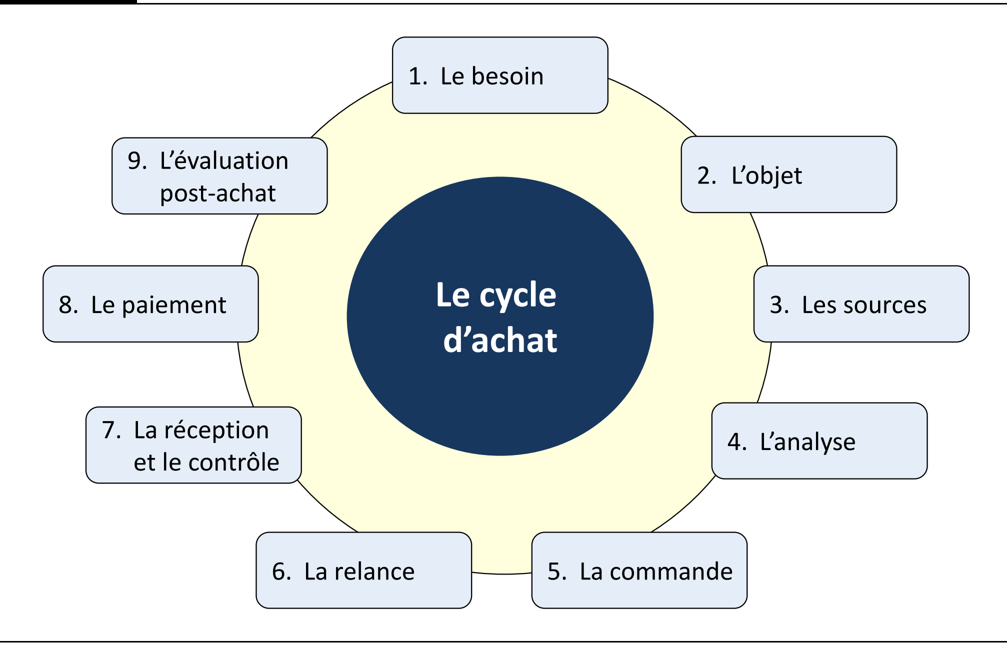
Enfin, le gestionnaire de l'approvisionnement est un professionnel soumis à un code d'éthique strict, qui vise à protéger l'organisation qui l'emploie des conséquences néfastes de pratiques douteuses (pots-de-vin, collusion, fournisseurs privilégiés sans raison valable, achats au noir, non-respect des règles et bonnes pratiques relatives aux appels d'offres, etc.) mais aussi, plus largement, à maintenir dans l'organisation et dans la population le respect du travail d'approvisionneur.

7.4 Le processus d'achat

Tous les achats, qu'ils soient simples ou complexes, suivent un seul et même processus comptant neuf étapes et illustré à la figure 7.1. Ces étapes sont accomplies tant par les approvisionneurs qui œuvrent au sein des organisations que par les simples consommateurs que nous sommes, même si nous n'en avons pas toujours conscience. Prenons l'exemple d'une étudiante qui doit se rendre à l'université plusieurs fois par semaine pour assister à ses cours. Son besoin est de se déplacer de son domicile à l'université. Elle peut combler ce besoin de diverses façons (prendre le transport en commun, utiliser son vélo, acheter une voiture…) et décide finalement d'acheter une voiture (l'objet). Elle considère donc différentes sources d'approvisionnement (les concessionnaires automobiles) offrant les modèles de différents fabricants. Elle recueille une variété d'informations sur les modèles et les sources possibles, puis en fait l'analyse et établit ses priorités : va-t-elle choisir le concessionnaire le plus près de son domicile? Celui qui offre le prix le plus bas ou la promotion la plus alléchante? Celui avec lequel elle s'est sentie le plus en confiance? Après avoir fait son choix, elle commande son véhicule et signe un contrat d'achat. Si le véhicule n'est pas disponible immédiatement, elle appellera probablement le concessionnaire à quelques reprises pour savoir quand son véhicule sera livré (relance). Elle prend enfin possession de son véhicule et en fait l'inspection pour s'assurer que tout est en ordre, puis paie le véhicule (soit par chèque, soit par une entente de crédit). Finalement, elle évalue son achat lorsqu'elle utilise sa voiture : ai-je fait le bon choix de modèle? Le concessionnaire s'avère-t-il fiable?



Figure 7.1 **Le cycle d'achat**



Si les étapes du cycle sont les mêmes pour l'achat individuel et pour l'achat professionnel, il y a néanmoins des différences majeures. Considérons chaque étape plus en détail. D'abord, l'approvisionneur n'achète pas pour combler ses propres besoins mais ceux d'un requérant interne, c'est-à-dire d'un employé ou d'un service de l'organisation pour laquelle il travaille. Ce besoin peut être exprimé directement en demandant l'article qui permet d'y répondre (par exemple, « j'ai besoin de 50 boîtes de 5 lb de vis à bois # 8 × 2 pouces de la marque XYZ »), mais il est souvent exprimé de manière plus floue (par exemple « j'ai besoin de communiquer avec les livreurs qui sont sur la route »). Le besoin doit ensuite être transformé en un **objet** précis à acquérir, cet objet pouvant être un bien tangible ou un service. L'objet exprime de façon concrète le meilleur moyen de répondre au besoin de l'utilisateur.

Ces deux premières étapes sont cruciales à la réussite du processus : si l'approvisionneur n'a pas bien compris le besoin réel du requérant et n'a pas identifié le bon objet d'achat, tout le reste du processus sera fait en pure perte. Or, le requérant interne peut ne pas être certain de ce dont il a vraiment besoin ou avoir du mal à expliquer ce qu'il recherche. L'approvisionneur doit consacrer tout le temps et les efforts nécessaires pour amener le requérant à préciser ce qu'il veut exactement et pour s'assurer qu'il a bien compris. C'est particulièrement important dans le cas des besoins complexes ou des achats effectués peu fréquemment. Dans l'exemple du besoin de communication, plusieurs objets pourraient y répondre : un téléphone cellulaire régulier, un téléphone intelligent, un ordinateur ou une tablette avec connexion WiFi, un système de communication satellitaire, une radio sur bande CB… Pour faire le bon choix, il faut préciser le besoin : A-t-on besoin de rejoindre un seul ou plusieurs livreurs à la fois? Veut-on communiquer oralement ou par écrit? Les livreurs se déplacent-ils localement ou faut-il pouvoir les rejoindre à l'autre bout du continent? Des besoins bien définis permettront de choisir le bon objet. De plus, l'approvisionneur verra à ce que la réponse au besoin s'inscrive dans la stratégie de l'entreprise. Par exemple, y a-t-il des politiques concernant les moyens de communication à utiliser? Quel est le budget consacré à cette activité?

Dans les entreprises industrielles, l'approvisionnement est pris en compte dès la conception des nouveaux produits : on effectue une veille technologique quant aux nouveaux matériaux, produits et composants offerts par les fournisseurs, de manière à les intégrer à nos produits. L'approvisionnement informe les concepteurs des nouveaux produits disponibles chez les fournisseurs actuels et, en retour, la R&D informe l'approvisionnement des besoins à venir afin que les approvisionneurs trouvent les meilleures solutions. Ces derniers doivent donc développer une bonne connaissance technique des biens et services qu'ils achètent s'ils veulent être en mesure de communiquer de manière efficace avec les ingénieurs et les concepteurs.

Une fois que l'on a bien établi ce que l'on cherche, il faut identifier des **sources** potentielles : qui sont les fournisseurs aptes à répondre à notre besoin? Ce travail peut exiger une recherche plus ou moins complexe. Dans le cas des achats simples, plusieurs fournisseurs sont généralement disponibles et font souvent partie de nos sources habituelles. Par contre, dans le cas d'achats plus complexes ou plus spécialisés, identifier les sources peut s'avérer difficile. Si, dans notre exemple, on décide d'équiper les livreurs de téléphones intelligents, le choix de la source est lié au choix d'appareils possédant des spécifications différentes, et aussi aux fournisseurs de services de téléphonie sans fil. Il faut donc comparer les spécifications techniques des appareils et des modèles offerts, la fiabilité des fabricants et distributeurs de ces appareils, et l'étendue et la fiabilité du réseau de téléphonie sans fil qui sera utilisé. S'il s'agit d'un achat complexe mais récurrent, l'approvisionneur devient rapidement familier avec les différentes sources possibles, mais ce n'est pas le cas pour un achat peu fréquent tel qu'un nouveau système de communication. Heureusement, les approvisionneurs disposent d'une variété d'outils pour faciliter leurs recherches : les catalogues (papier ou électroniques), les bottins et annuaires de fournisseurs spécialisés, les moteurs de recherche sur Internet, les foires industrielles, etc., mais aussi le réseau de contacts que l'approvisionneur s'est tissé au fil des ans.

Avant d'amorcer les contacts avec les fournisseurs, l'approvisionneur devrait avoir déjà établi une liste de critères selon lesquels ils seront évalués, puisque c'est sur ces critères que s'appuiera l'analyse des sources possibles. Nous reviendrons sur ces critères à la section suivante. L'étape d'**analyse** consiste à choisir l'option la plus appropriée compte tenu des contraintes et objectifs définis lors des étapes précédentes. Quelle offre répondra le mieux au besoin? Quelle offre respecte le mieux l'ensemble des critères de sélection d'un fournisseur? Une bonne analyse et un choix éclairé sont impossibles si l'on n'a pas correctement identifié les besoins et pris la peine de déterminer à l'avance les critères de sélection qu'il faut privilégier. L'approvisionneur qui néglige ces étapes risque de faire des erreurs très coûteuses. Or, contrairement à l'achat individuel, l'approvisionneur ne dépense pas son propre argent mais celui de l'entreprise qui l'emploie, et les sommes engagées peuvent être très élevées. Il doit donc consacrer à la recherche et à l'analyse des sources tous les efforts nécessaires, mais aussi être en mesure de démontrer aux dirigeants de l'organisation que les sommes ont été bien dépensées et qu'il n'y a pas eu de gaspillage.



C'est là qu'un approvisionneur bien formé et expérimenté fera toute la différence et apportera de la valeur au processus.

Notons que dans le cas des achats répétitifs (par exemple les fournitures de bureau achetées fréquemment ou les matières premières utilisées quotidiennement pour la production), l'identification des besoins et de l'objet, et même la recherche et l'analyse des sources, ne sont pas refaits à chaque fois. Dans ces cas, les requérants n'ont qu'à transmettre les quantités requises, soit manuellement par l'entremise d'une demande d'achat (un formulaire papier ou numérique), soit automatiquement par l'entremise d'un système à point de commande (tel que vu au chapitre 3) ou d'un plan des besoins matières (tel que vu au chapitre 5). Dans la plupart des organisations, ces achats répétitifs représentent une portion importante du volume annuel d'achats.

Une fois que la décision d'achat a été prise, on passe à l'étape de la **commande**. Ici encore, selon qu'il s'agit d'un achat simple ou complexe, ou d'un achat récurrent ou peu fréquent, la procédure à suivre sera plus ou moins compliquée. Il peut s'agir d'une commande en ligne à partir d'une commande ouverte chez un fournisseur régulier ou de la production d'un simple bon de commande, mais aussi de la rédaction d'un contrat détaillé pouvant compter plusieurs dizaines des pages. Dans tous les cas, la commande doit contenir une description de l'objet commandé, le prix convenu, la date de livraison souhaitée, les modalités de paiement et l'autorisation nécessaire. Dans la majorité des organisations, seuls les acheteurs désignés comme tels sont autorisés à effectuer des commandes au nom de l'entreprise.

Selon les circonstances, l'approvisionneur peut être appelé à contacter le fournisseur pour s'assurer qu'il remplira ses obligations à temps. C'est la **relance**. Au moment de la **réception** des marchandises, le personnel assigné à cette tâche doit vérifier qu'on reçoit les bons articles, dans les quantités requises, et qu'ils sont en bon état. Cette étape peut inclure un contrôle de la qualité plus ou moins élaboré (on reviendra sur ce point au chapitre 10). Pour traiter correctement les marchandises reçues, le personnel de réception doit avoir accès aux données sur les commandes; il doit aussi informer rapidement l'approvisionneur de tout problème afin que ce dernier puisse intervenir auprès du fournisseur pour corriger la situation. Une fois que tout est réglé, les bons de commande sont considérés comme partiellement ou complètement « fermés ».

Le **paiement** est ensuite effectué selon les modalités établies à l'étape de la commande. Par exemple, le paiement peut se faire par carte de crédit ou par chèque, et en respectant différents délais (paiement accéléré avec remise, net 30 jours, versements mensuels, etc.). Le personnel responsable des comptes à payer doit donc lui aussi avoir accès aux données sur les commandes et avoir été prévenu que le bon de commande est fermé et que le fournisseur peut être payé pour les biens ou services livrés.

Finalement, une **évaluation post-achat** doit être effectuée et les résultats doivent être inscrits dans les dossiers des différents fournisseurs : le fournisseur a-t-il livré à temps? Les produits étaient-ils en bon état? A-t-on reçu un bon service? Sommes-nous satisfaits? Cette étape permet par la suite de comparer les fournisseurs les uns aux autres et d'éliminer les fournisseurs insatisfaisants. Ici encore, puisque l'approvisionneur n'achète pas pour lui-même mais pour les requérants, il doit contacter ces derniers pour s'assurer que leurs besoins ont été comblés et, le cas échéant, recueillir leurs commentaires.

Toutes les étapes précédentes entraînent l'utilisation et la création d'une importante quantité d'informations : informations sur les produits, sur les fournisseurs, sur les commandes effectuées (y compris les informations relatives à toutes les étapes du cycle d'achat), etc. De plus, contrairement à l'achat personnel, l'approvisionneur doit recevoir et relayer des informations à plusieurs intervenants (requérants, employés à la réception, comptes à payer…). La conception et le maintien de bases de données bien conçues, faciles à utiliser et correctement sécurisées sont donc essentiels. En cumulant les données sur l'historique des achats auprès des différents fournisseurs, on peut plus facilement suivre les tendances en matière de prix d'achat, évaluer la fiabilité à long terme des fournisseurs avec lesquels on fait affaire (fréquence des retards de livraison ou des problèmes de qualité), établir des mesures de performance des fournisseurs, et de manière générale contribuer à l'efficacité et à l'efficience de l'approvisionnement.

Bien que tous les achats se fassent en suivant le même cycle, le temps et la complexité de chacune des étapes varient beaucoup en fonction de l'importance de l'achat (on met plus de soin aux différentes étapes lorsqu'on achète un équipement qui vaut plusieurs millions que lorsqu'on achète une boîte de stylos) et de sa fréquence (l'achat d'un produit pour la première fois requiert plus d'efforts que l'achat répété du même produit, surtout s'il est fait auprès du même fournisseur). On gagnera donc à appliquer l'analyse ABC (vue au chapitre 3) à la gestion des approvisionnements, de manière à identifier les produits les plus importants et à y consacrer davantage d'efforts pour prendre les meilleures décisions.

7.5 Les critères de sélection des fournisseurs

À l'époque où la gestion de l'approvisionnement était une activité strictement administrative, on avait tendance à croire que l'objectif premier de l'approvisionneur devait être d'obtenir les biens et services au plus bas prix possible. La majorité des organisations reconnaissent maintenant que la gestion de l'approvisionnement doit chercher à atteindre un ensemble d'objectifs :

- obtenir des biens et des services possédant les spécifications et le niveau de qualité exigés;
- assurer un approvisionnement fiable dans les quantités requises;
- recevoir les produits et services achetés dans le délai fixé;
- assurer que les livraisons se font au bon endroit;
- établir des relations de confiance et de collaboration avec des fournisseurs fiables;
- réduire les coûts administratifs liés aux achats;
- obtenir le meilleur coût total possible, celui-ci incluant non seulement le prix d'achat mais aussi les coûts de livraison, de gestion, les coûts liés à la non-qualité, etc. Dans le cas de l'achat d'équipement, il faut aussi tenir compte de la durée de vie utile de l'appareil obtenu de même que des coûts liés à l'entretien, aux réparations et aux pièces de rechange.

Les fournisseurs représentent un atout important puisque des intrants de bonne qualité, au bon prix et livrés au bon moment sont essentiels à l'efficacité et à l'efficience de l'organisation. Les entreprises qui fournissent des composants majeurs pour les produits fabriqués ont une influence directe sur la qualité des produits de leurs clients. Par exemple, la capacité de Pratt & Whitney Canada à fournir à ses clients (Boeing, Embraer, Bombardier) des moteurs de très grande qualité à un prix concurrentiel influence directement la capacité de ces avionneurs à vendre leurs avions aux compagnies aériennes,

qui à leur tour s'appuient sur la fiabilité et la sécurité des appareils pour vendre des billets d'avion. De plus, les entreprises font souvent affaire avec les mêmes fournisseurs pendant plusieurs années. La bonne santé financière du fournisseur et l'établissement de solides relations d'affaires deviennent alors primordiaux.



Moteur PW100/150 Bombardier Q400 Jet régional Austrian Arrows

Les critères de sélection des fournisseurs varient beaucoup d'un achat à l'autre. Pour un achat de produits de consommation courante tels que les fournitures de bureau, plusieurs fournisseurs locaux offrant des produits similaires sont disponibles; dans ce cas, le prix d'achat et la simplicité du processus transactionnel sont souvent les critères les plus importants. Par contre, lors d'achats plus complexes et peu fréquents, il peut devenir difficile de bien comparer les offres des fournisseurs. Par exemple, l'achat d'un réseau informatique demande d'évaluer tous les éléments qui influencent le coût total (achat du matériel, installation, formation, mises à jour, garanties, etc.) en plus de s'assurer que la solution proposée répondra aux besoins de l'entreprise. Dans le cas des matières premières essentielles à la production mais qui ne peuvent pas être stockées (par exemple les produits périssables ou les substances chimiques dangereuses), la possibilité d'obtenir de manière fiable des livraisons fréquentes sera un critère déterminant. Pour les matières premières pour lesquelles la qualité et le prix ont un impact important sur la qualité et le prix de nos propres produits, ce sont ces deux critères qui seront décisifs. Il est donc impossible de dire quel critère de sélection est le plus important sans considérer la nature, la valeur et le contexte de l'achat. Parmi les principaux critères habituellement considérés, on note :

- **La qualité des produits et services :**
  - respect des spécifications techniques;
  - qualité régulière d'une livraison à l'autre;
  - garanties et services offerts;
  - certifications requises (ISO 9001, par exemple).
- **Le coût total :**
  - coût d'acquisition;
  - coût du transport, du dédouanement, coûts administratifs, etc.;
  - modalités de paiement offertes;
  - autres coûts (maintenance, service, installation, etc.).
- **Les délais et le volume :**
  - délai de livraison et flexibilité;
  - régularité dans le respect des délais;
  - localisation et risques de retards;
  - capacité à répondre à notre demande.

- **La fiabilité du fournisseur :**
    - nombre d’années en affaires;
    - réputation, recommandations d’autres clients;
    - santé financière, bonnes relations de travail, stabilité de la production;
    - facilité à communiquer et à établir de bonnes relations d’affaires;
    - comportement éthique.

Bien sûr, cette liste n’est pas exhaustive. Il revient à chaque approvisionneur d’établir la liste des critères appropriés à chacune des situations d’achat. La meilleure façon de procéder est de dresser la liste des critères à considérer avant même de commencer la recherche des fournisseurs, puis d’attribuer à chacun des critères une pondération qui reflète les besoins et les priorités de l’entreprise (par exemple 25 points pour la qualité, 15 points pour le délai de livraison, 10 points pour la réputation du fournisseur, etc.). On obtient ainsi une grille d’évaluation pondérée qui facilite beaucoup le travail d’analyse et de comparaison des offres faites par les fournisseurs. Notons que le choix des critères et, surtout, leur pondération respective est un travail exigeant et qui doit se faire en collaboration avec les services requérants et les utilisateurs finaux des produits et services achetés. Il est souvent difficile de s’entendre sur ce qui est le plus important, mais il vaut toujours mieux tenir compte des différents points de vue et réaliser les arbitrages nécessaires avant de prendre la décision d’achat plutôt que se rendre compte après coup qu’on ne s’était pas bien compris. Dans le cas d’achats qui ont une portée à long terme (par exemple l’achat d’équipement), un mauvais choix peut s’avérer désastreux.

7.6 De l’approvisionnement à la chaîne logistique

Comme on peut le voir à la lecture des sections précédentes, la fonction approvisionnement est liée de près à la gestion des matières, puisque c’est par l’approvisionnement qu’on se procurera les articles à demande dépendante et à demande indépendante dont l’organisation a besoin pour fonctionner et, le cas échéant, fabriquer ses propres produits. En fait, l’approvisionnement s’insère dans une fonction encore plus large, la gestion de la chaîne logistique interne. Tel qu’illustré à la figure 7.2, la chaîne logistique interne englobe l’ensemble des activités permettant d’assurer la disponibilité et le flux efficient des matières premières, des produits en cours et des produits finis, et ce, de leur source d’approvisionnement jusqu’à notre client immédiat. On résume souvent la gestion de la chaîne logistique en disant qu’elle vise à livrer le bon produit, au bon endroit, au bon moment, en bonne quantité, en bon état et au moindre coût possible.

Figure 7.2 **La chaîne logistique interne**

Les chapitres 2 à 6 ont permis de voir l'ensemble de la démarche de planification de la production et des stocks (PCPS). Les différents plans établis guident le flux des matières et des produits en cours; ils permettent aussi de transmettre l'information quant aux quantités à acheter et à fabriquer, et quant au moment auquel ces quantités sont requises. Puis, la première partie du présent chapitre a été consacrée aux principales activités d'approvisionnement. Tournons-nous maintenant brièvement vers les activités de distribution.

Le transport

Compte tenu de l'objectif de la chaîne logistique, le transport des marchandises est au cœur des préoccupations, et ce, qu'il s'agisse des matières premières, des produits en cours ou des produits finis. D'abord, il faut choisir les modes de transport les plus appropriés en fonction des marchandises à transporter et des enjeux liés au transport :

- Le camion : c'est un mode de transport très flexible et particulièrement bien adapté aux quantités relativement faibles et aux livraisons point à point sur des distances courtes à moyennes. Par contre, son coût est soumis aux fluctuations du prix du carburant et son impact environnemental n'est pas négligeable. C'est le mode de transport des marchandises le plus utilisé au Canada et en Amérique du Nord;

- Le train : il est moins cher et plus écologique que le camion, mais aussi moins flexible et plus lent. Au Canada, on l'utilise surtout pour le transport à grand volume des matières premières (minerai, bois, charbon, pétrole…);

- L'avion : c'est le mode de transport le plus coûteux mais, pour de longues distances, c'est aussi le plus rapide. On le réserve donc aux articles de forte valeur par rapport à leur volume et leur poids, et pour lesquels une livraison rapide et fiable est essentielle;

- Le bateau : l'augmentation du commerce international et la délocalisation des usines vers les pays où la main-d'œuvre est moins chère ont remis à l'honneur ce mode de transport. Le transport maritime ou fluvial est très peu coûteux mais aussi très lent.



Puisque le train, l'avion et le bateau ne permettent pas la livraison point à point (à moins que les entreprises qui y ont recours soient elles-mêmes situées le long d'une voie de chemin de fer ou directement à côté d'un port ou d'un aéroport), il faut normalement les combiner entre eux; c'est ce qu'on appelle le *transport intermodal*. Le transfert des marchandises d'un mode de transport à l'autre est facilité par l'utilisation des conteneurs, ces immenses caisses métalliques qui peuvent facilement être accrochées aux camions-remorques, chargées sur les bateaux ou les trains et empilées pour le stockage. En combinant le faible coût du transport par bateau ou par train avec la flexibilité du transport par camion, on obtient des conditions de transport avantageuses pour les marchandises à grand volume.

La localisation

Les besoins en transport découlent directement des décisions qui ont été prises en matière de localisation des usines, des entrepôts et des centres de distribution. Le choix de localisation des usines est un processus complexe impliquant des arbitrages entre plusieurs critères de décision :

- La proximité des clients : plus les entreprises industrielles se rapprochent de leurs clients, plus elles réduisent les coûts de transport des produits finis. Par contre, dans le cas des produits de consommation courante, une telle proximité implique une localisation au cœur des grandes villes, là où l’espace (terrain, taxes, loyer, etc.) coûte le plus cher et où les règles de zonage sont les plus sévères;

- La proximité des fournisseurs : dans ce cas, ce sont les coûts de transport des matières premières qui sont réduits. L’arbitrage entre la proximité des clients et la proximité des fournisseurs se fait donc en tenant compte des coûts respectifs. Par exemple, une entreprise qui transforme le lait en fromage (et en réduit alors de beaucoup le poids et le volume) a intérêt à être localisée près des sites de production de lait. Par contre, une entreprise qui traite le lait pour la consommation (filtration, pasteurisation, emballage…) choisira probablement une localisation plus près des villes, puisque le transport du lait cru par citernes sur de longues distances est moins coûteux que le transport du lait traité et emballé pour la consommation. La proximité des fournisseurs assure normalement un approvisionnement plus rapide et plus fiable, ce qui permet de faire des réapprovisionnements plus fréquents de plus petites quantités et donc de réduire les stocks;

- L’infrastructure environnante : si l’entreprise compte privilégier le transport par camion, elle ira s’établir près des grands axes routiers et s’assurera que les routes secondaires environnantes peuvent supporter le trafic de camions qu’elle générera. Par contre, si l’usage régulier du train ou du bateau sont prévus, le choix de localisation devra en tenir compte. La proximité des sources d’énergie et d’approvisionnement en eau est aussi importante pour certaines usines. Par exemple, les alumineries québécoises, dont le procédé requiert beaucoup d’électricité, sont situées près des lignes à haute tension d’Hydro-Québec, mais aussi à proximité des installations portuaires et ferroviaires qui permettent l’approvisionnement en bauxite et le transport économique des billettes d’aluminium fabriquées;

- Les coûts liés au site : on pense ici au prix du terrain ou au loyer, aux taxes, aux coûts de construction (et de décontamination, le cas échéant), mais aussi aux incitatifs souvent offerts par les différents paliers de gouvernement pour inciter les entreprises à s’installer à un endroit particulier (exemptions de taxe, réglementations, etc.);

- La disponibilité, la qualité et le coût de la main-d’œuvre, de même que tous les éléments susceptibles de constituer des attraits pour les employés (facilité d’accès au lieu de travail, proximité des écoles et autres services, qualité de vie…).

Dans le cas des décisions de délocalisation en pays étranger, on ajoutera des critères tels que les coûts et délais supplémentaires liés au transport, les taux de change, les tarifs douaniers et les contraintes à l'importation et à l'exportation, mais aussi la stabilité économique et politique du pays considéré, le climat d'affaires qui y règne, les différences culturelles, les risques liés à la température et aux catastrophes naturelles, et les enjeux éthiques (conditions de travail des employés, corruption, conséquences environnementales…).



Le choix de localisation des entrepôts et des points de distribution tient aussi compte des éléments précédents mais accorde un poids particulier aux coûts et aux risques liés au transport des marchandises. De plus, on considérera la localisation des entrepôts et points de distribution les uns par rapport aux autres, en tenant compte de la couverture du territoire à desservir par ces sites et des routes de livraison des produits entre l'usine qui les fabrique et les différents entrepôts où il faut les acheminer. Une variété d'outils mathématiques permet maintenant d'établir les localisations optimales en fonction d'un ensemble d'objectifs à atteindre et de contraintes à respecter.

Pour les entreprises de services, le choix de la localisation est tout aussi crucial, mais les éléments à considérer varient beaucoup selon la situation. Si le client doit se rendre sur place pour obtenir le service requis (par exemple au salon de coiffure ou à l'hôpital), la proximité de la clientèle cible et la facilité d'accès seront les dimensions clés. Si le service est fourni à domicile, on tiendra davantage compte de la capacité à desservir rapidement et à moindre coût un territoire donné (par exemple pour les postes de pompiers ou les restaurants spécialisés dans la livraison à domicile). Enfin, si tous les contacts se font à distance (par exemple avec les compagnies d'assurance ou les services de téléphonie), on considérera surtout l'accès à la main-d'œuvre et les coûts liés au site.

La planification des activités de distribution

Les activités de distribution, tout comme les activités de fabrication, doivent être planifiées. On utilise pour effectuer la planification des besoins en distribution (ou *distribution requirement planning*, *DRP*) des outils similaires à ceux utilisés pour la planification des besoins matières. Cette planification a pour objectif de prévoir et d'organiser le réapprovisionnement des entrepôts et des centres de distribution, et de coordonner les besoins en transport.

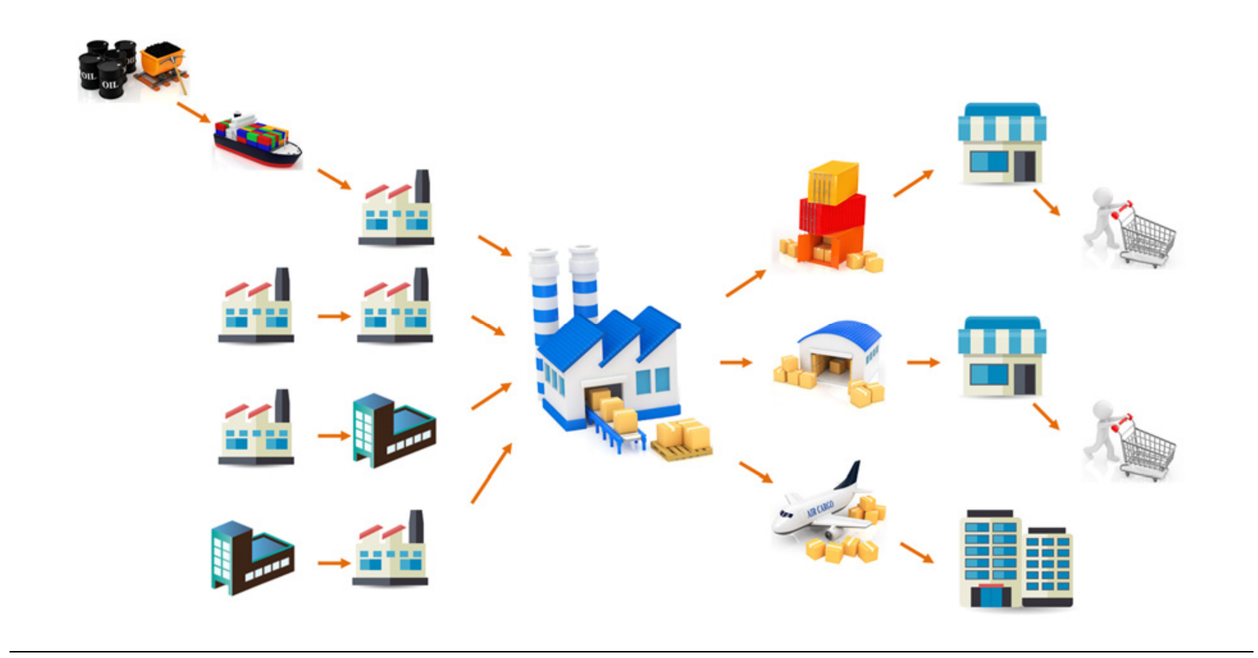
La chaîne logistique globale

On en arrive ainsi à déborder de l'entreprise pour inclure la chaîne logistique externe, c'est-à-dire l'ensemble des partenaires qui, d'amont en aval, participent aux activités de transformation, d'entreposage, de transport et de distribution qui permettront au client final d'obtenir les produits demandés en bon état, au bon endroit, au bon moment et au bon prix. Comme on l'a vu au chapitre 1, c'est ce qu'on appelle la *chaîne logistique globale*. L'exemple donné plus haut de la relation entre Pratt & Whitney, qui fabrique les moteurs d'avion, Bombardier, qui les utilise pour fabriquer des avions, et Austrian arrows, qui achète les avions de Bombardier pour offrir ses services de transport jusqu'au voyageur qui achète un billet illustre bien une telle chaîne, à laquelle il faudrait ajouter encore toutes les entreprises qui fournissent des pièces à Pratt & Whitney, tous les transporteurs qui acheminent ces pièces et ces moteurs vers les clients, les aéroports

auxquels les avions peuvent se réapprovisionner et embarquer les passagers, les firmes spécialisées dans l'entretien des avions, etc.

On dit de cette chaîne logistique globale qu'elle est ***intégrée*** lorsque les différents acteurs qui la composent (fournisseurs, producteurs, distributeurs et détaillants) partagent les informations nécessaires pour planifier et ajuster leurs activités respectives en fonction de la demande exprimée au point de vente final. L'intégration de la chaîne logistique, qui a beaucoup été facilitée par les technologies de l'information et des communications, permet de mieux ajuster la production et les stocks aux besoins réels du marché, et de s'ajuster rapidement aux changements de produits, de processus ou de marchés. L'échange électronique des données et la possibilité d'accumuler des données précises et fiables directement aux points de vente fournissent aux partenaires de la chaîne logistique une foule d'informations sur les ventes finales et sur les quantités en entrepôt tout au long de la chaîne, et ce, en temps réel. Ainsi, les centres de distribution, les manufacturiers et leurs fournisseurs peuvent planifier non plus sur la base de prévisions de ventes plus ou moins fiables faites séparément par chacun des acteurs, mais sur la base des ventes finales réelles et des quantités réelles détenues par chacun. Les prévisions peuvent alors être faites en collaboration plutôt qu'en essayant d'anticiper les décisions que prendra chacun des membres de la chaîne. En collaborant au moment même de la planification, on peut réduire à la fois les stocks et les risques de pénurie; on évite aussi des activités sans valeur ajoutée. L'intégration de la chaîne logistique demande toutefois aux entreprises qui en font partie d'établir des relations d'affaires à long terme et de cultiver des partenariats plutôt que des relations d'opposition où chacun essaie de réduire ses coûts au détriment des autres. La multiplication et l'entrecroisement des chaînes donnent éventuellement naissance à un réseau complexe de relations d'affaires schématisé à la figure 7.3.

Figure 7.3 **Schématisation d'un réseau logistique**



7.7 Synthèse du chapitre

Parce qu'il constitue le principal poste de dépense dans la plupart des entreprises industrielles, l'approvisionnement est une des clés de la rentabilité. Même dans les entreprises de services, qui sont habituellement plus intensives en main-d'œuvre, l'achat des fournitures et des services qu'on impartit représente une dépense non négligeable et à laquelle on accorde souvent trop peu d'attention. Si ce n'est pas déjà fait, un des premiers rôles de l'approvisionneur est donc de faire connaître et de démontrer l'importance de cette fonction.

On aurait tort de croire que le rôle de l'approvisionneur se limite à rédiger des bons de commande et à négocier des baisses de prix. Comme on l'a vu dans ce chapitre, l'approvisionnement joue un rôle stratégique en sélectionnant les meilleurs fournisseurs compte tenu des enjeux particuliers liés à chaque produit ou service à acheter. Il est aussi impliqué dans les décisions d'impartition ou de sous-traitance, dans la standardisation des matières et dans l'établissement de partenariats. Ce rôle stratégique s'est d'ailleurs accru depuis une vingtaine d'années, avec la popularisation des approches de type *juste-à-temps*. Un des principes de ces approches consiste à établir des relations à long terme avec un petit nombre de fournisseurs plutôt que de multiplier les sources d'approvisionnement et de constamment les mettre en concurrence pour obtenir le prix le plus bas. En réduisant le nombre de fournisseurs et en entretenant des relations de confiance, on peut réduire les coûts de commande, les retards de livraison et les risques de recevoir des lots défectueux, ce qui permet de diminuer les stocks. L'intégration des chaînes d'approvisionnements met aussi l'accent sur l'établissement de relations à long terme avec les fournisseurs.

Parce qu'il est constamment en contact avec les entreprises situées en amont de l'organisation, l'approvisionneur est bien placé pour recueillir des informations précieuses et tisser des liens d'affaires solides. Il travaille aussi constamment avec les autres fonctions de sa propre entreprise, qu'il s'agisse des planificateurs de production, des analystes des stocks ou des logisticiens, sans oublier tous les autres requérants qui lui acheminent leurs demandes d'achat et tous les autres intervenants du cycle d'achat (réception des marchandises, contrôle de qualité, compte à payer…).

La chaîne logistique interne inclut l'ensemble des activités d'approvisionnement, de planification et de contrôle de la production et des stocks (PCPS) et de distribution. À l'intérieur de l'organisation, elle coordonne l'ensemble des activités, par exemple en permettant de combiner les activités de transport entrant (les produits reçus des fournisseurs) aux activités de transport sortant (les produits livrés aux centres de distribution ou aux clients) pour réduire les coûts. À l'extérieur de l'organisation, elle assure que l'organisation joue bien son rôle et retire tous les avantages possibles de l'intégration des chaînes logistiques globales dont elle fait partie.

Questions de révision

Vrai ou faux?

1.	Approvisionnement, acquisition et achat sont trois mots synonymes qui désignent tous l'action d'acheter des produits et des services.	
2.	Impartition et sous-traitance sont deux mots synonymes qui désignent l'acte de confier à une autre firme la réalisation d'une partie des produits qu'on fabrique.	
3.	L'effet de levier en approvisionnement réfère au fait qu'une petite réduction (en pourcentage) du prix d'achat peut se traduire par une augmentation assez substantielle de la marge de profit.	
4.	La vente des surplus d'actifs et des rebuts recyclables est normalement confiée au Service des ventes.	
5.	Les étapes du cycle d'achat sont toujours les mêmes quel que soit le produit ou le service à acheter.	
6.	Les critères de sélection des fournisseurs devraient être établis avant même de contacter les fournisseurs possibles.	
7.	Le bon de commande est le document qui permet au client interne d'exprimer son besoin à l'approvisionneur.	
8.	La relance est l'action d'émettre à nouveau un bon de commande pour un produit déjà acheté précédemment.	
9.	Dans les entreprises à but lucratif, le critère ultime de sélection d'un fournisseur finit toujours par être le prix d'achat des produits ou services.	
10.	Lorsqu'on achète un équipement, il faut considérer dans le coût total la durée de vie utile de l'appareil obtenu de même que les coûts liés à l'entretien, aux réparations et aux pièces de rechange.	
11.	La manière dont un fournisseur gère sa propre entreprise ne devrait pas être considérée comme un critère de sélection.	
12.	La chaîne logistique interne inclut l'approvisionnement, la planification et le contrôle de la production et des stocks, et la distribution.	
13.	Le choix de localisation est une activité cruciale dans les entreprises manufacturières mais il est bien moins important dans les entreprises de services.	
14.	Le train est un mode de transport des marchandises plus lent et plus cher que le camion.	
15.	La chaîne logistique intégrée désigne le partage des informations nécessaires entre fournisseurs, fabricants, distributeurs et détaillants pour planifier et ajuster leurs activités respectives en fonction de la demande exprimée au point de vente final.	

Cas

Le dilemme du *DJ*

Jean-Sébastien Landry et Kamala Sengupta participent à l'organisation du bal de finissants de leur promotion universitaire. Ils doivent sous peu présenter au Comité organisateur du bal leur recommandation quant à l'embauche d'un *disk jockey* (*DJ*). Après un processus de recherche et de présélection, ils ont finalement demandé à trois firmes de leur présenter une offre de services (voir les annexes ci-jointes).

Partymore Productions est une grande entreprise d'organisation d'événements qui a des bureaux à Toronto, Montréal et Vancouver. L'entreprise n'offre pas de services « à la carte » (sauf pour les très gros clients) mais propose des forfaits alléchants et, surtout, clé en main. Elle se vante de disposer d'une imposante liste de *DJ*, dont plusieurs sont devenus des vedettes du domaine, mais il est impossible de savoir quel *DJ* sera assigné à l'animation du bal de finissant.

Le kangourou électrique est une petite entreprise montréalaise en opération depuis cinq ans. Ses trois *DJ* commencent à se tailler une excellente réputation sur la scène locale, en particulier parmi les amateurs de musique *house* et *dance.* Le copain de Kamala, qui étudie à Polytechnique, lui avait dit qu'on avait déjà eu recours à cette firme et qu'on en avait été très satisfait. Par ailleurs, le *kangourou électrique* n'offre aucun service autre que la musique. Si l'on veut des effets lumineux ou une projection sur écran géant, il faudra embaucher en plus des firmes spécialisées dans ces domaines.

Lenny X DJ a été créée par un *DJ* montréalais il y a plus de 20 ans. L'entreprise dit disposer d'une vaste collection de musique dans tous les genres musicaux et offre en option une variété de services connexes (décor, éclairage, animation, karaoké, prise de photos, etc.). Le site Web fournit aussi une liste de clients passés comptant plusieurs organisations bien connues. Toutefois, le cousin de Jean-Sébastien avait eu recours à cette entreprise lors de son mariage l'été précédent et le *DJ* était arrivé avec plus d'une heure de retard.

Jean-Sébastien et Kamala savent que le choix du *DJ* est une des décisions les plus importantes de l'organisation du bal de finissants. Un mauvais choix pourrait gâcher la soirée de tous les étudiants de leur promotion…



Partymore your party, and more…

Toronto – Vancouver – Montreal

Proposal for ABC Montreal, May 26 (approx. 1 650 participants)

College prom package including:

- Experienced DJ (6 hours)
- Professional DJ equipment
- Basic entertainment services
- Complete surround sound system with two microphones
- Online music selection (library of over 30 000 titles)
- Full lighting (mirror balls, LED flashing balloons, strobes, lasers) — 3 999 $
- Power generator
- Dry ice smoke machine
- Two door man
- LED chaser necklace for each participant
- Load-in, set up and sound check included
- Fully insured

TPS (5 %)	Incl.
TVQ (9.5 %)	Incl.
TOTAL	**3 999 $**

40% deposit required at time of reservation.
Balance is due on the day of the event

Le kangourou électrique

1832 b, boul. Mont-Royal Est, Montréal H9J 4T1, 514-777-7777

Soumission pour bal de finissants ABC Montréal, 26 mai.

DJ Daniel accompagné de son équipement complet
(Mixer Pioneer DJM1000, Ampli Crown, 12 haut parleurs et 6 subs Electro-Voice)

Rencontre préparatoire pour le choix musical	incluse
Transport, montage et démontage	200 $
DJ pour la période de 18h à 01h (7h à 150 $)	1050 $
Total	1250 $

(TPS et TVQ en sus)





Soumission pour ABC Montreal, 26 May

- Package de base pour 5 heures (incl. System de son complet, minimum 8 speakers 650 watts et 2 subs, selection de musique online) 999 $
- Options :
    - Laser (chaque) 80 $
    - Strobe (chaque) 40 $
    - Boule miroir (chaque) 40 $
    - Lumières double derby 25 $
    - Machine à fumée (chaque) 60 $
    - Machine à bubbles (chaque) 60 $
    - Extra set de deux speakers 650 watts 80 $
    - Extra sub de 500 watt 55 $
    - Rideaux blancs avec LED colorés (chaque set de 8') 70 $
    - Colliers Glow Lite (pkg de 50) 34 $
    - Livraison et set-up lumière et extra son : 100 $ /hre

Lenny X DJ – 1013 rue Craig Ouest
514-555-5555

TPS and TVQ not included. The client is fully responsible for the security of the equipment. Any equipment stolen or damaged will be charged at current replacement price. A refundable 3000$ deposit is required to cover any damages. Lenny X DJ declines any responsibility for any kind of mishaps that could be related to the installed equipment. Client must pay 25% of expected total bill at time of reservation. Balance is due on the day of the event.

TPS et TVQ non inclus. Le client est responsible de la securité des équipments. Tout équipment volé ou endommagé devra être remboursé aux prix courants. Un dépôt remboursable de 3 000 $ est exigé pour les dommages. Lenny X DJ decline la responsibilité de tout mésaventure qui peut être relié à l'équipment installé. Le client doit payer 25 % du total prévu au temps de la réservation. La balance est due le jour de l'événement.

Problèmes résolus

1. Griffin Manufacturing

Le texte ci-dessous est extrait du livre « The Resilient Enterprise: overcoming vulnerability for competitive advantage », de Yossi Sheffi (2005), p. 11.

> *« Most modern manufacturers are part of global, interwoven networks of companies involved in getting goods to markets. Responding to cost and efficiency pressures, such networks have achieved unprecedented levels of efficiency in moving information, products and cash around the globe. Even smaller, less-known manufacturers are employing global supply chains. For example, Griffin Manufacturing of Bedford, Massachusetts, buys fabric for its patented sports bras in Taiwan, moves the fabric to its Massachusetts plant, cuts the fabric to the required sizes on modern computer-controlled machines, ships the cut fabric pieces to Honduras for sewing, and then ships the final products to a Vermont distribution center to be tagged and distributed as Champion jogging bras to retailers across the United States. »*

Traduction libre

La plupart des fabricants modernes font partie de réseaux globaux et entrecroisés d'entreprises qui se chargent de mettre des marchandises sur le marché. De tels réseaux, répondant à des pressions relatives au coût et à l'efficacité, ont atteint des niveaux de performance sans précédent en ce qui concerne le déplacement des informations, des produits et des capitaux autour de la planète. Même des fabricants plus petits, moins connus, font appel à des chaînes logistiques globales. Par exemple, Griffin Manufacturing, un fabricant de Bedford, au Massachusetts, achète le tissu pour ses soutiens gorges de sport brevetés à Taiwan, fait venir le tissu à son usine du Massachusetts, où le tissu est taillé aux dimensions voulues sur des machines modernes informatisées, envoie les pièces de tissu coupées au Honduras pour qu'elles y soient cousues et expédie alors le produit fini au centre de distribution du Vermont, où il sera étiqueté et distribué aux détaillants à travers les États-Unis sous le nom de soutien-gorge de jogging Champion.

1.1 Dessinez la chaîne logistique des soutiens gorges « Champion », à partir de l'élaboration du tissus jusqu'aux consommatrices américaines. Indiquez sur votre dessin les flux monétaires, de matériel et d'information qui parcourent la chaîne.

1.2 Pourquoi Griffin Manufacturing a-t-elle besoin de bien connaître et de gérer de près sa chaîne logistique?

1.3 Quelles raisons ont pu inciter Griffin Manufacturing à continuer à faire le taillage des tissus dans son usine du Massachussetts?

2. La fromagerie Migneron

Située dans la région de Bellechasse, la fromagerie Migneron est bien connue pour l'excellence de son fromage en grains. La popularité croissante de la poutine, même en dehors du Québec, a fortement augmenté la demande de l'entreprise. Malgré ses 200 employés et ses vastes installations, elle peine à répondre à la demande. De plus, il est de plus en plus difficile de recruter de la main-d'œuvre qualifiée prête à s'installer en région.

Les propriétaires de l'entreprise, Laurent Migneron et sa fille Marjolaine, considèrent donc robotiser une partie des opérations. Ils considèrent présentement l'achat de plusieurs appareils, mais hésitent entre différents produits et différents fournisseurs. Faites la liste de tous les critères d'achat dont ils devraient tenir compte.



8 Le tandem produit-processus et l'aménagement

Objectifs d'apprentissage

À la fin de ce chapitre, vous devriez être capable :

- d'expliquer et d'analyser les enjeux stratégiques qui sont présents lors du choix des produits (biens et services), de même que les variables qui influencent leur évolution;
- de présenter les effets de la standardisation, de la réduction du nombre de pièces et de la conception modulaire sur l'efficacité et l'efficience des opérations;
- de tenir compte des enjeux éthiques et environnementaux lors du développement des produits;
- de décrire les différents types de flux, de processus et d'aménagement, et de les reconnaître dans une situation réelle;
- d'analyser une organisation et de déterminer le degré d'adéquation entre les attributs stratégiques poursuivis, les caractéristiques des produits, le processus choisi et le type d'aménagement utilisé;
- de décrire et d'analyser les enjeux relatifs à l'aménagement dans une situation donnée, ainsi que les contraintes en présence et les arbitrages à réaliser.

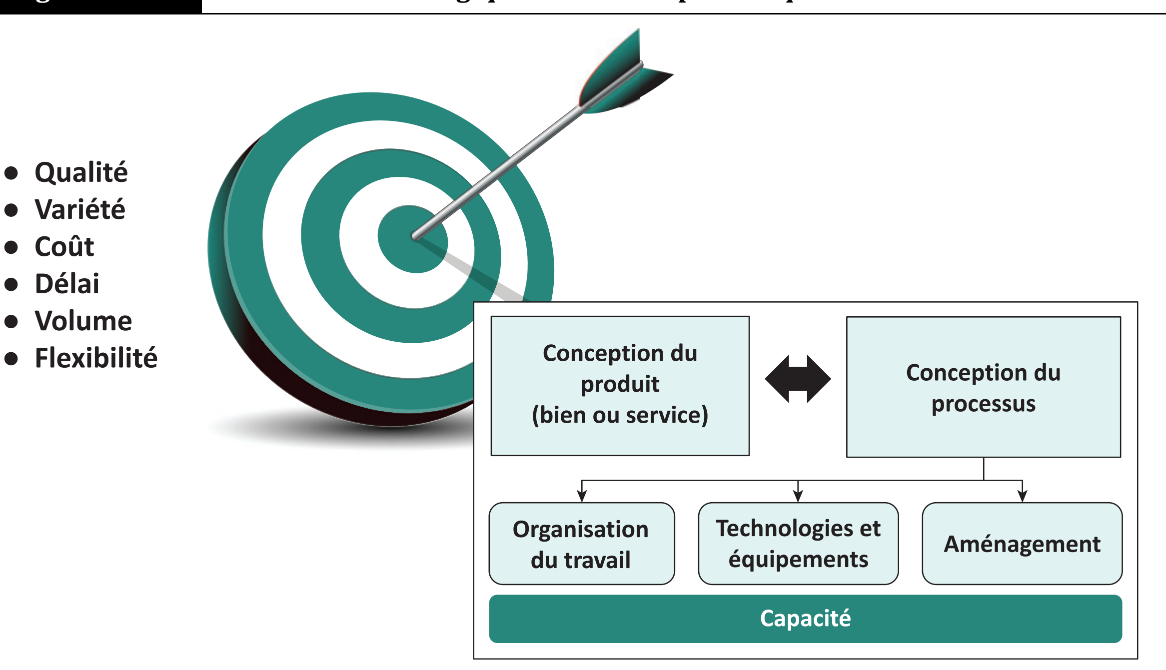
8.1 La conception du système opérationnel et le tandem produit-processus

Le système opérationnel est l'ensemble structuré des moyens (équipements, ressources humaines, espaces, etc.) mis en place pour réaliser les biens fabriqués et les services rendus par les organisations. Dans la mesure où il n'existe pas de firme qui n'offre ni biens ni services (si c'était le cas, d'où tirerait-elle ses profits?), on peut dire que le système opérationnel est véritablement le moteur de la stratégie de toutes les entreprises. Il en va de même dans les organisations sans but lucratif : les services qu'elles offrent à la population ou à leurs membres ne peuvent être réalisés sans la présence d'un système opérationnel.

La conception du système opérationnel est donc au cœur des décisions stratégiques que doit prendre tout gestionnaire, et elle est inextricablement liée aux décisions relatives aux biens et services à réaliser. Ainsi, le choix du produit (ce terme incluant les biens et les services) vient répondre à la question « qu'est-ce qu'on fait? », alors que le choix du processus (au sens large, la structure du système opérationnel) vient répondre à la question « comment on le fait? ». Comme on le verra plus loin, le produit et le processus évoluent aussi ensemble : c'est pourquoi l'on parle tout au long de ce chapitre du *tandem produit-processus*.

Puisque le système opérationnel est l'ensemble structuré des moyens de production, sa conception inclut différentes décisions relatives au travail et à son organisation, aux équipements et technologies utilisées, et à l'aménagement des espaces requis. Toutes ces décisions devraient découler directement des attributs stratégiques visés, à savoir la variété des biens et services offerts, leur prix de vente (ou leur coût de revient) et leur qualité, de même que le volume de production, les délais de livraison et la flexibilité. La figure 8.1 illustre les liens entre ces éléments.

Figure 8.1 **Le caractère stratégique du tandem produit-processus**



Les attributs stratégiques de variété (des biens ou des services), de flexibilité, de délai et de volume d'opération entraînent des choix différents en matière de systèmes opérationnels. Ainsi, les processus qui permettent de produire à faible coût de grandes quantités de biens ou de services requièrent des opérations à flux relativement continu, et des biens ou des services assez standards. À l'opposé, pour être en mesure d'offrir des biens ou des services personnalisés ou avec des délais très courts, il faut normalement mettre en place des processus très flexibles et à flux discontinu, lesquels entraînent habituellement des volumes plus faibles et des coûts plus élevés. Cet arbitrage décisif, de même que ses conséquences sur les choix d'équipements et l'aménagement, sera développé en détail plus loin dans ce chapitre. Le chapitre 9 abordera les aspects relatifs à l'organisation et à l'amélioration du travail, de même qu'à la gestion de la capacité. Enfin, le chapitre 10 sera consacré à la gestion de la qualité.

8.2 En quoi la conception du système opérationnel est-elle importante pour moi?

Si je travaille en :

- **marketing**, j'aurai à fournir des informations quant aux préférences des clients et des usagers (spécifications requises des biens et services, variété demandée, délais souhaités, volumes de vente, prix de vente possibles, etc.) sur lesquelles viendra s'appuyer le choix du tandem produit-processus. Éventuellement, j'aurai à participer aux arbitrages à réaliser et à la prise de décision;

- **finance ou en comptabilité**, j'aurai à fournir l'analyse financière des investissements requis pour l'implantation des systèmes opérationnels (en particulier pour l'achat d'équipement, l'obtention des espaces et l'aménagement), de même qu'à planifier le potentiel de revenus et de rentabilité des différents produits;

- **gestion des ressources humaines**, j'aurai à évaluer les impacts des décisions relatives à la mise en place du système opérationnel sur les besoins en main-d'œuvre (nombre, qualifications, formation, rémunération…). Au moment des décisions d'aménagement, j'aurai aussi à faire intervenir les considérations relatives à l'ergonomie, à la santé et à la sécurité au travail;

- **gestion des systèmes d'information en gestion**, je devrai gérer l'ensemble des besoins en information générés par la mise en place du système opérationnel;

- **gestion des opérations et de la logistique**, j'aurai moi-même à mettre en œuvre les décisions relatives à la conception du système opérationnel et à m'assurer que ce système fonctionne adéquatement et fournit les résultats escomptés. Éventuellement, je serai appelé à participer aux arbitrages à réaliser et à la prise de décision.

8.3 L'offre de produits et son évolution

L'objectif du système opérationnel est de réaliser les biens et services dont l'organisation a besoin, que ce soit pour les vendre à ses clients (autres entreprises, consommateurs ou institutions) ou pour les dispenser à ses bénéficiaires. Mais quels biens et services l'organisation doit-elle offrir? Les fondateurs de l'organisation auront choisi, au départ, l'industrie dans laquelle ils veulent se situer (par exemple l'industrie du meuble, du jouet, de l'hôtellerie, des soins personnels...) et tenteront de s'y insérer en offrant un produit particulier ou une combinaison de produits particulière. Ce choix découlera souvent de la perception qu'un besoin du marché n'est pas encore satisfait, ou qu'il est possible de le satisfaire de manière plus efficace ou plus efficiente, ou encore du constat que certains marchés ne sont pas encore bien desservis. Bref, les fondateurs croient qu'ils peuvent se tailler une place dans cette industrie en faisant mieux que les autres. Le choix de l'industrie détermine d'entrée de jeu le type de produits offert.

Lors du démarrage de l'organisation, le nombre et la variété[30] des produits seront probablement limités par les ressources dont elle dispose. Au fur et à mesure que l'entreprise croît, elle peut décider de se concentrer sur ses produits existants et d'élargir son marché, mais elle peut aussi choisir d'ajouter de nouveaux produits jugés complémentaires, soit parce qu'ils viennent satisfaire d'autres besoins de la clientèle actuelle, soit parce qu'ils permettent de rejoindre une nouvelle clientèle ou un nouveau marché. Les demandes des clients et la perspective d'augmenter les ventes pousseront les gestionnaires des ventes à vouloir élargir et approfondir la gamme de produits. Par exemple, une entreprise fabriquant des patins à glace pour le hockey commencera peut-être par approfondir sa ligne actuelle de patins en ajoutant d'autres modèles de patins à glace (pour le patinage de vitesse, le patinage artistique, etc.). Elle pourra aussi élargir sa gamme en fabriquant des patins à roues alignées. Comme on le voit, cette stratégie consiste à ajouter des produits similaires utilisant probablement des technologies de fabrication semblables (ayant à la base la fabrication d'une botte), mais qui s'adressent à des clientèles et des sports différents. Une autre stratégie pourrait être d'approfondir la gamme en ajoutant d'autres modèles de patins de hockey visant différents segments du marché (enfants, joueurs occasionnels, joueurs professionnels), puis d'élargir la gamme en ajoutant des produits complètement différents mais s'adressant aussi aux joueurs de hockey (casques, bâtons, genouillères, etc.). Dans ce cas, on s'adresse toujours à l'amateur de hockey et l'on essaie de satisfaire plusieurs de ses besoins. La première stratégie d'extension de la gamme de produits est d'obtenir une synergie opérationnelle (c'est-à-dire, avoir des produits qui permettent d'utiliser au mieux les ressources de production actuelles telles que l'équipement, les matières premières et l'expertise du personnel), alors que la seconde recherche plutôt une synergie marketing (c.-à-d. avoir des produits qui permettent de maximiser le rendement des efforts de vente générant des ventes croisées).

[30] En matière de conception du produit et du processus, on entend par « variété » l'existence de produits qui sont suffisamment différents les uns des autres pour que cela ait des conséquences sur le processus de production. Par exemple, si l'on considère un processus d'assemblage d'appareils électroniques, l'existence de boîtiers de différentes couleurs n'est pas considérée comme une augmentation de la variété puisqu'elle n'a aucun impact sur les opérations à réaliser (quoiqu'elle en ait sur les prévisions de demande et la gestion des stocks). Par contre, pour le processus de moulage des boîtiers, chaque couleur entraîne la fabrication de lots différents (avec une mise en route pour chacun) et est ici considérée comme une augmentation de la variété.

Ces principes s'appliquent aussi aux entreprises de services. Un hôtel, dont le service de base est l'hébergement, peut approfondir son offre en proposant davantage de services à ses clients actuels (télévision payante, minibar, service aux chambres, accès à un centre d'affaires ou de conditionnement physique, stationnement, etc.). Il peut aussi chercher à élargir sa clientèle et à mieux utiliser ses ressources en offrant la location de salles de réunion ou de banquets, l'ajout de bars ou de restaurants, des services traiteurs, etc.

Toutefois, même si l'extension de la gamme de produits génère des ventes supplémentaires, son coût peut être important, en particulier en ce qui a trait à la gestion des opérations. Tout nouveau produit offert aux clients est un nouveau produit à fabriquer et à gérer : les prévisions sont plus complexes; la préparation du plan directeur de production et du plan des besoins matières est démultipliée; le nombre de matières premières (et donc de sources d'approvisionnement) risque d'augmenter. Chaque nouvel article constitue une unité de gestion des stocks (UGS; en anglais, *stock keeping unit* ou SKU), dont il faut déterminer les quantités à conserver, les politiques de réapprovisionnement et les stocks de sécurité. L'accroissement de la variété de produits a aussi pour conséquence d'augmenter le nombre de mises en route et de réduire la capacité de production. De plus, si l'extension de la gamme requiert l'achat d'équipements, il faut penser au financement, à la formation des employés, à l'espace disponible, etc. Les nouveaux produits doivent aussi s'intégrer aux opérations actuelles sans nuire aux produits existants. Plus important encore, l'ajout d'un tout nouveau produit (qui a été développé par l'équipe de R&D ou dont on a acquis le brevet) pose toujours la question de la fabricabilité. Ce terme désigne la facilité à fabriquer le produit, c'est-à-dire la prise en compte simultanée de la facilité à fabriquer les pièces et les composants ainsi que de la facilité à les assembler (la fabricabilité peut aussi inclure la facilité à entretenir ou à réparer le produit par la suite)[31]. La fabricabilité a des conséquences directes sur le coût de revient du produit.

Ainsi, même si la perspective de mieux satisfaire les clients et d'augmenter les ventes incite les gestionnaires à étendre la gamme de produits, les responsables des opérations viendront souvent freiner cet élan et insisteront pour que l'on tienne compte du système opérationnel déjà en place. Les nouveaux produits permettent-ils de mieux utiliser les ressources présentement disponibles? Leurs caractéristiques correspondent-elles à nos compétences distinctives? Leur ajout va-t-il interférer avec les opérations actuelles? D'un côté, produire tout ce que le marché exige augmente les coûts et réduit l'efficience des opérations. D'un autre côté, la quête de stabilité et d'efficience des opérations est futile si l'on n'est plus en mesure de répondre aux besoins des clients. C'est pourquoi il faut se représenter le produit et le processus comme un tandem : le désir d'ajouter de nouveaux produits exerce des pressions sur les processus en place, mais ces processus exercent aussi des pressions sur les produits qu'il est réaliste de réaliser de manière efficace et efficiente. Les gestionnaires des opérations et du marketing doivent donc impérativement travailler ensemble pour faire évoluer le tandem produit-processus d'une manière qui soit profitable pour l'organisation et qui lui permette d'atteindre au mieux ses objectifs stratégiques.

[31] La prise en compte de la fabricabilité dès la conception du produit est souvent désignée par l'acronyme *DFM* (*design for manufacturability*), ou *conception orientée fabrication*. Elle peut s'insérer dans une démarche plus large, l'ingénierie simultanée, qui consiste à impliquer dans la conception du produit des représentants de tous les groupes qui seront touchés par le nouveau produit : utilisateurs finaux, vendeurs, employés aux opérations, approvisionneurs, ingénieurs, etc.

Le rôle de la technologie dans l'évolution des produits

Tout au long de l'histoire, mais plus particulièrement durant le dernier siècle, les avancées technologiques ont été la principale source d'évolution des produits. Ce phénomène est particulièrement évident dans le cas des biens – il suffit pour nous en convaincre de regarder autour de nous et de constater qu'une bonne proportion des objets qui nous entourent n'auraient pas pu exister il y a cent ans (même le simple stylo à bille n'était pas encore né!). En particulier, l'invention des circuits intégrés, leur miniaturisation et le développement de technologies permettant leur fabrication à faible coût ont permis l'apparition et la diffusion à grande échelle de tous les produits électroniques qui peuplent aujourd'hui notre environnement. Les avancées technologiques ont joué un rôle tout aussi important dans les entreprises de services : émergence des entreprises de transport des biens et des personnes, d'abord maritime, puis ferroviaire, puis automobile, puis aérien; apparition des services de télécommunication (télégraphie, téléphonie filaire, radiofréquence, transmission satellitaire…); plus récemment, multiplication des services directement générés par l'arrivée des biens technologiques et d'Internet (par exemple, les services-conseils en informatique, les services d'entretien et de réparation des produits électroniques, les services de stockage et de partage de données numérisées, les services de conception de sites Web ou d'analyse Web, et bien d'autres encore).



La technologie se manifeste dans l'objet qui est vendu aux clients (le four à micro-ondes, l'imprimante, l'ordinateur portable, le téléphone intelligent…), mais en fait, son rôle clé réside souvent dans les procédés de transformation. D'une part, les technologies de fabrication ont un impact direct sur la possibilité de fabriquer et de commercialiser de nouveaux produits. Ainsi, certains produits peuvent avoir été inventés sans que leur production à grande échelle et à coût raisonnable soit possible pour le moment. Dans d'autres cas, on sait quelles modifications seraient susceptibles d'améliorer les produits mais les procédés actuels de fabrication ne permettent pas de les obtenir. D'autre part, les technologies permettent d'accélérer la production, d'en augmenter le volume et d'en réduire les coûts. Ainsi, dès les tout débuts de la révolution industrielle, la mécanisation

fait son apparition dans l’industrie du textile; peu après, l’arrivée de la machine à vapeur vient elle aussi soutenir, et parfois remplacer, le travail des humains et le rendre plus productif. L’arrivée de l’électricité et les multiples découvertes scientifiques des XIXe et XXe siècles accélèrent la mécanisation (la réalisation du travail physique par une machine), puis l’automatisation (la réalisation du travail de manière répétée sans intervention humaine), puis enfin la robotisation (la réalisation automatisée pouvant être modifiée à l’aide d’une programmation numérique). En permettant la fabrication des biens à faible coût, on peut dire que les technologies ont rendu possible la société de consommation telle qu’on la connaît présentement, et où il s’exerce de toutes parts de fortes pressions au développement de nouveaux produits et à l’obsolescence programmée[32]. Tous ces développements ont eu des impacts économiques, sociaux et environnementaux majeurs – tant positifs que négatifs – et continuent d’en avoir, mais les gains de productivité qu’ils ont permis sont indéniables.

Du côté des services, les technologies, et en particulier les technologies de l’information et des communications (TIC), ont aussi modifié les méthodes de transformation. En effet, dans beaucoup d’organisations de services, il y a un grand nombre d’informations à stocker, à traiter et à transmettre. Par exemple, dans les grands bureaux comptables, la numérisation des données a grandement facilité la tenue de livres, la préparation des états financiers, la production des rapports d’impôt, etc. L’informatisation des données sur les clients permet aux chaînes hôtelières de transmettre leurs préférences d’un établissement à l’autre, partout dans le monde. Grâce au commerce en ligne, le commerçant peut se dispenser d’opérer un magasin et livrer directement à partir de l’entrepôt. Par ailleurs, si les technologies viennent soutenir le travail des prestataires de services ou réduire les coûts, elles ont aussi transféré une partie du travail au client lui-même en créant le libre-service : le client effectue lui-même le plein d’essence et le paiement de sa transaction, il cherche lui-même l’information dont il a besoin avant de faire un achat en ligne, il navigue lui-même d’un menu à l’autre des systèmes de réponse téléphonique automatisés, il réalise lui-même ses transactions bancaires (à l’ordinateur ou au guichet automatique) et il gère lui-même ses placements en ligne… Le système opérationnel doit alors être conçu en fonction du fait que c’est le client qui fait le travail, et non un employé. Ici encore, les impacts économiques, sociaux et environnementaux sont importants.



Le cycle de vie des produits

L’arrivée sur le marché de nouveaux produits a souvent pour conséquence de réduire considérablement les ventes des produits précédents qui comblaient des besoins similaires, voire de rendre ces produits complètement obsolètes. La majorité des produits a donc une durée de vie limitée, que l’on représente souvent sous la forme d’une courbe

[32] On entend par « obsolescence programmée » un ensemble de techniques de développement de produits ayant pour objectif de limiter leur durée de vie utile ou de les rendre désuets. Ceci peut se faire, entre autres, en empêchant la réparation des produits (produits scellés, pièces de rechange non disponibles), en limitant leurs possibilités d’adaptation (par exemple un espace mémoire très limité et non expansible), en choisissant des caractéristiques esthétiques qui se démoderont bientôt, ou même en introduisant des faiblesses techniques qui font que le produit se brisera relativement rapidement.

en cloche telle que celle présentée à la figure 8.2. Si l'on exclut la phase de développement du nouveau produit (c.-à-d. la période qui précède son arrivée sur le marché), on peut se représenter le cycle de vie des produits comme étant formé de quatre phases distinctes, chacune étant caractérisée par des tendances différentes en matière de ventes, de profitabilité, de marché cible et de pressions concurrentielles :

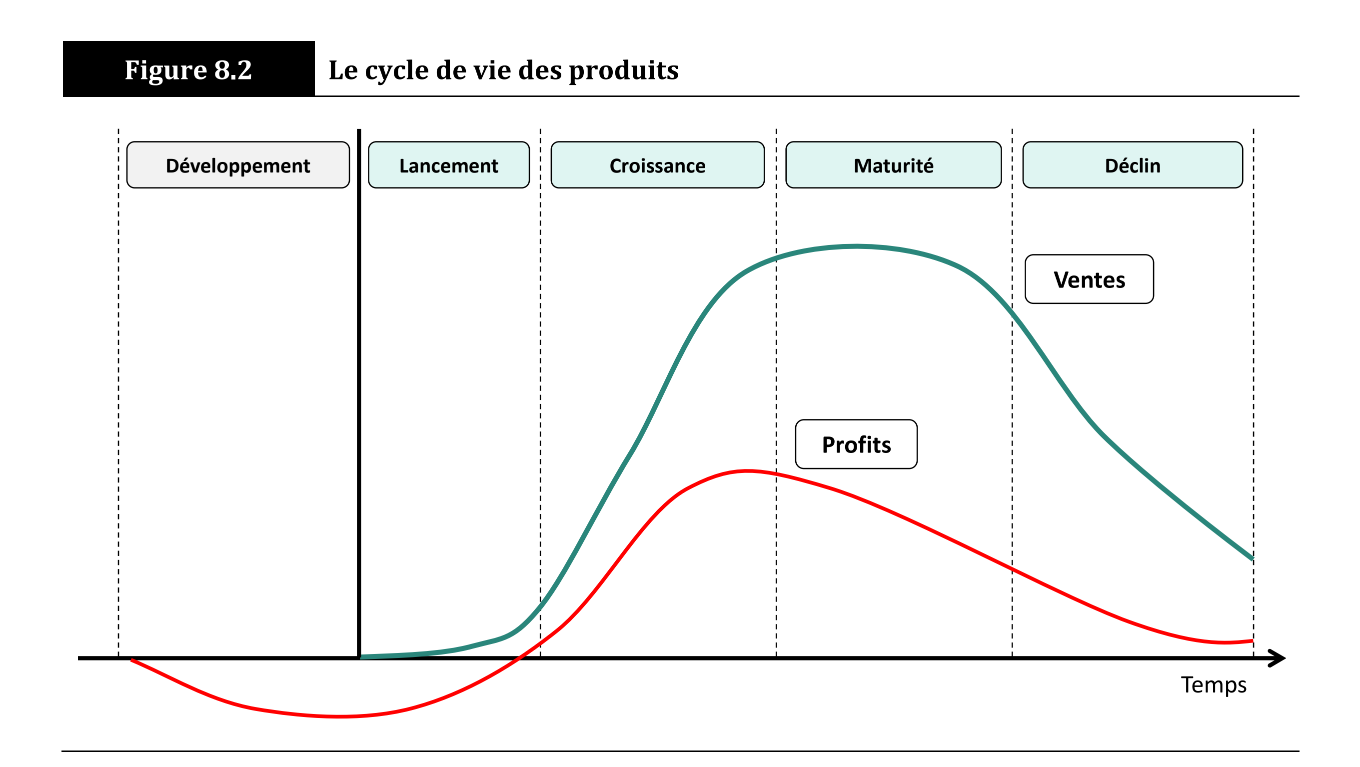
1) **La phase de lancement :** c'est le moment où le produit vient d'être mis en marché (ou d'être offert à la population). Puisqu'il est encore peu connu et n'a pas fait ses preuves, les ventes sont faibles. Le segment de clientèle visé est celui des innovateurs et des acheteurs précoces, qui recherchent la nouveauté et sont prêts à essayer le produit, et ce, même si certains aspects ne sont pas encore peaufinés, si son prix de vente est élevé ou s'il faut attendre pour se le procurer. Toutefois, comme les ventes sont faibles, que le produit est nouveau et qu'il requiert encore des ajustements, les coûts de fabrication sont eux aussi très élevés et le profit généré est bas, sinon inexistant. Du reste, à ce point de son existence, les coûts de développement du produit n'ont pas encore été amortis et ce dernier représente davantage un investissement qu'une source de profits;

2) **La phase de croissance :** au fur et à mesure que le produit est connu et apprécié, les ventes augmentent rapidement; le segment de marché visé est alors composé de ceux qu'on qualifie de majorité précoce. Le système opérationnel doit être en mesure d'augmenter sa capacité pour répondre à la demande, mais l'augmentation de la production et la stabilisation du produit permettent de réduire les coûts de production et d'accroître les profits. Toutefois, selon qu'il arrive ou non des concurrents, le marché commence à exercer une certaine pression sur les prix;

3) **La phase de maturité :** le produit est maintenant bien établi et les ventes sont à leur maximum, mais elles se stabilisent; le segment de marché est alors composé de ceux qu'on qualifie de majorité tardive. À ce stade, la pression sur les prix est forte et la marge de profit diminue, si bien que seules les entreprises qui sont parvenues à optimiser leurs opérations demeurent sur le marché. Dans certains cas, on cherchera à différencier les produits et à mieux satisfaire les clients en offrant une plus grande variété de modèles;

4) **La phase de déclin :** les ventes sont en baisse, soit parce que le marché est saturé, soit parce que le besoin a disparu ou qu'il est apparu des produits substituts qui permettent de mieux le satisfaire. Le segment de marché visé est composé de ceux qu'on qualifie de retardataires. Les coûts de production sont à leur plus bas, mais les prix sont aussi à la baisse, surtout s'il reste des stocks à écouler ou s'il existe un marché secondaire de produits usagés. Dans certains cas, on tentera de relancer les produits en leur ajoutant de nouveaux attributs.

Figure 8.2 **Le cycle de vie des produits**



Notons que les courbes présentées à la figure 8.2 ne sont qu'une indication générale de l'évolution du cycle de vie des produits. L'allure du cycle, de même que sa durée, peuvent être très variables. Dans le cas des produits électroniques, par exemple, l'innovation est si rapide que la plupart des produits ont un cycle de vie très court. C'est également le cas des produits de mode (vêtements, certains types de restaurants ou de bars, jeux vidéo, etc.). À l'opposé, d'autres produits ont un cycle de vie très long et peuvent connaître plusieurs soubresauts de demande et plusieurs phases de maturité. On se rappellera le cycle de vie de l'industrie des salles de cinéma présenté à la figure 2.2 : l'arrivée de la télévision (comme divertissement substitut) avait fait chuter drastiquement la fréquentation en salle, mais cette dernière s'était finalement stabilisée jusqu'à ce que l'invention du magnétoscope (l'ancêtre du DVD et de l'enregistreur numérique) entraîne une deuxième phase de déclin, suivie d'une certaine remontée due au rehaussement de l'expérience de visionnement en salle pour la différencier du cinéma maison.

Compte tenu de la rentabilité variable des produits selon l'étape qu'ils ont atteinte dans leur cycle de vie, les entreprises doivent considérer leur gamme de produits comme un portefeuille d'investissements à gérer. Même s'il coûte cher de concevoir et de mettre en marché de nouveaux produits, ces derniers sont essentiels si l'on ne veut pas se retrouver avec une gamme où la majorité des produits sont en phase de déclin ou de maturité. Néanmoins, certaines entreprises ont pour stratégie de se spécialiser dans la fabrication de produits à maturité; ces organisations ont développé des compétences distinctives qui leur permettent de produire à très bas coût et à très grand volume, et préfèrent entrer en jeu lorsque ces qualités leur permettent de se tailler une part du marché sans avoir eu à investir en R&D.

8.4 La conception des produits

L'objectif central du gestionnaire des opérations est de mettre à la disposition de l'organisation les produits (biens et services) répondant aux attributs stratégiques désirés, et ce, au moindre coût possible. Ainsi, du point de vue de la gestion des opérations, les produits doivent pouvoir être gérés de la manière la plus simple possible et pouvoir être réalisés le plus facilement possible. Lorsqu'il est question de la fabricabilité des produits, les principales dimensions considérées ici sont la standardisation, la réduction du nombre de pièces et du nombre d'étapes de fabrication, et la conception modulaire.

La standardisation

De manière générale, la standardisation réfère à l'uniformisation des produits (biens ou services), de même qu'à l'uniformisation des parties qui les composent. Elle peut aussi référer, dans certains contextes, à l'adoption ou au respect de normes de référence établies par des organismes externes.

D'abord, la standardisation des produits s'oppose à la production sur spécifications, où les caractéristiques du produit sont dictées ou modifiées par le client et varient donc d'un client à l'autre. Par exemple, un consommateur peut acheter une étagère standard qu'il trouvera chez un détaillant, mais il peut aussi faire fabriquer l'étagère par un ébéniste, qui l'ajustera alors aux besoins spécifiques du client (dimensions, essence de bois, finition…). Les entreprises qui font affaire avec des sous-traitants imposent généralement à ces derniers leurs propres spécifications, de manière à ce que les pièces, composants ou produits finis qu'elles achètent correspondent exactement à leurs besoins ou soient parfaitement identiques aux articles qu'elles auraient elles-mêmes fabriqués. C'est alors le client qui est responsable d'établir les spécifications; il doit donc être conscient qu'il est le seul responsable si le produit respecte les spécifications fixées mais si ces dernières ne répondent finalement pas à ses besoins. Il est aussi essentiel de discuter avec lui des conséquences de ses demandes sur la fabricabilité du produit et sur son coût.




Il est beaucoup plus simple et plus économique pour le fabricant de produire des biens standards qui pourront être vendus à plusieurs clients différents, ce qui permet de réduire considérablement le prix de vente. La standardisation permet de produire pour les stocks (en fonction des prévisions) plutôt que sur commande, ce qui facilite les activités de planification, de gestion des stocks et d'approvisionnement vues dans les premiers chapitres de ce livre. Elle implique souvent la production à plus grand volume, ce qui permet de mieux utiliser la capacité disponible et d'obtenir des économies d'échelle. Enfin, elle facilite l'optimisation des processus de production. Par contre, la conception des produits standardisés est plus ardue puisqu'il faut identifier les caractéristiques et les spécifications qui permettront de satisfaire au mieux les besoins de la clientèle cible. Compte tenu des coûts de développement et de mise en marché d'un nouveau produit, une mauvaise décision (comme proposer un produit dont les clients ne veulent pas) peut être désastreuse.

Du côté des entreprises de services, on trouve aussi des services standardisés et des services personnalisés. Par exemple, le transport en commun tel qu'offert par les grandes villes est un service standardisé, contrairement à la location d'un autobus et d'un chauffeur pour transporter les participants à une activité spécifique (l'horaire et le trajet sont déterminés par le client). Lorsqu'on souhaite aller en vacances à l'étranger, on peut acheter un forfait « tout inclus » identique pour tous les clients, mais on peut aussi confier à une agence de voyages le soin de nous composer un voyage sur mesure correspondant exactement à nos goûts. Du côté des services financiers, les guichets automatiques sont en mesure de réaliser un nombre limité d'opérations standardisées, alors que le caissier de la banque peut s'adapter aux besoins des clients. Enfin, pour apprendre une nouvelle langue, on peut s'inscrire à un cours suivi en groupe (service standard) ou payer pour des cours privés adaptés au niveau de l'étudiant.

Un autre aspect important de la standardisation a trait aux pièces ou aux parties qui composent les biens et les services. Lorsqu'une entreprise industrielle développe un nouveau produit, elle a tout avantage à utiliser des pièces et des composants qui entrent déjà dans la fabrication de ses autres produits. La standardisation des pièces réduit le nombre de matières premières à gérer : la planification est plus simple, la gestion des stocks est optimisée et, en augmentant les volumes d'achats, on peut obtenir de meilleurs prix auprès des fournisseurs. De plus, la qualité de ces pièces a déjà été éprouvée et les employés sont familiers avec leur utilisation.

Par ailleurs, pour tous les composants et pièces qui sont achetés, il est préférable (lorsque c'est possible) d'avoir recours à des produits standards, déjà fabriqués par les fournisseurs, plutôt que de leur demander de fabriquer ces articles en fonction de nos spécifications. Les articles standards coûtent moins cher, ils sont souvent offerts par plusieurs fournisseurs (ce qui permet de négocier de meilleures conditions d'achat) et le délai d'approvisionnement est habituellement plus court. On verra aussi à utiliser des pièces et composants respectant certaines normes nationales ou internationales. En effet, dans la majorité des industries, les caractéristiques techniques de beaucoup de produits sont normalisées pour faciliter leur utilisation par tous. Il suffit d'avoir essayé d'insérer des feuilles de papier de format A4 (le standard européen) dans une reliure à anneaux conçue pour le papier de format 8½" × 11" (le standard nord-américain) pour comprendre l'importance de la normalisation. Un autre exemple est celui des fournitures de quincaillerie et des fournitures électriques, qui suivent des normes précises en matière

de dimensions ou de conductivité. Dans certains cas, les normes sont créées pour assurer la sécurité des produits et la réglementation impose d'utiliser des pièces et composants conformes aux standards établis.

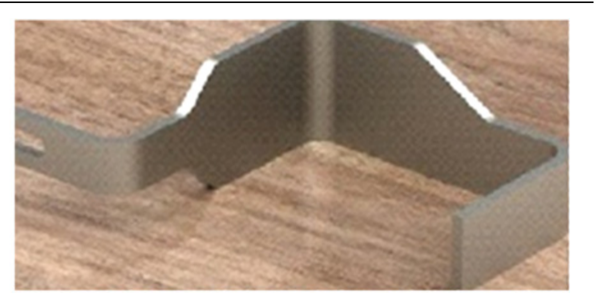
Ici encore, les mêmes principes s'appliquent aux entreprises de services. Par exemple, la majorité des entreprises de transport vont utiliser des véhicules de la même marque, voire du même modèle. Ceci permet de faciliter la formation des conducteurs ou des pilotes, de simplifier la planification des opérations et les activités d'entretien, et de réduire le nombre de pièces de rechange à acheter et à stocker. Du côté des banques, les cartes de débit et de crédit qu'elles émettent répondent à une norme internationale qui leur permet d'être utilisées dans tous les guichets automatiques du monde. Bon nombre de grandes chaînes d'hôtels, de restaurants ou de magasins forment les employés à utiliser des formulations standardisées pour répondre aux demandes et aux plaintes des clients.

La réduction du nombre de pièces et du nombre d'étapes de fabrication

Les produits doivent avant tout être capables de satisfaire les besoins des clients ou des usagers et de répondre à l'usage auquel ils sont destinés (ce qu'on appelle l'aptitude à l'usage). Toutefois, l'équipe de R&D doit aussi se fixer comme objectif le développement de produits simples et faciles à fabriquer (et, idéalement, faciles à emballer, à transporter, à entretenir, à réparer et à recycler). La réduction du nombre de pièces et du nombre d'étapes de fabrication est une des meilleures manières d'y parvenir. En réduisant le nombre de pièces, toute la gestion des matières est simplifiée : moins d'achats, moins de stocks, moins de manutention, moins de contrôle de qualité, moins de risques de pièces défectueuses ou mal ajustées, etc. Normalement, le nombre de pièces a aussi un impact direct sur le nombre d'étapes de fabrication. Considérons l'exemple de la pièce présentée à la figure 8.3. L'assemblage original (photo de gauche) comprenait 11 pièces, qu'il a été possible de remplacer par une seule pièce (photo de droite) capable de remplir la même fonction.

Figure 8.3 **Exemple de réduction du nombre de pièces**





La figure 8.4 montre un autre exemple de réduction du nombre de pièces et des étapes d'assemblage. Il s'agit d'un convertisseur permettant de transformer le courant alternatif en courant direct. Le produit original (photo de gauche) comprenait 73 pièces; après avoir fait l'objet d'une démarche de conception orientée fabrication, on a obtenu un produit ne comportant que 47 pièces et dont le temps d'assemblage a été réduit de moitié.

Figure 8.4 **Exemple de réduction du nombre de pièces**





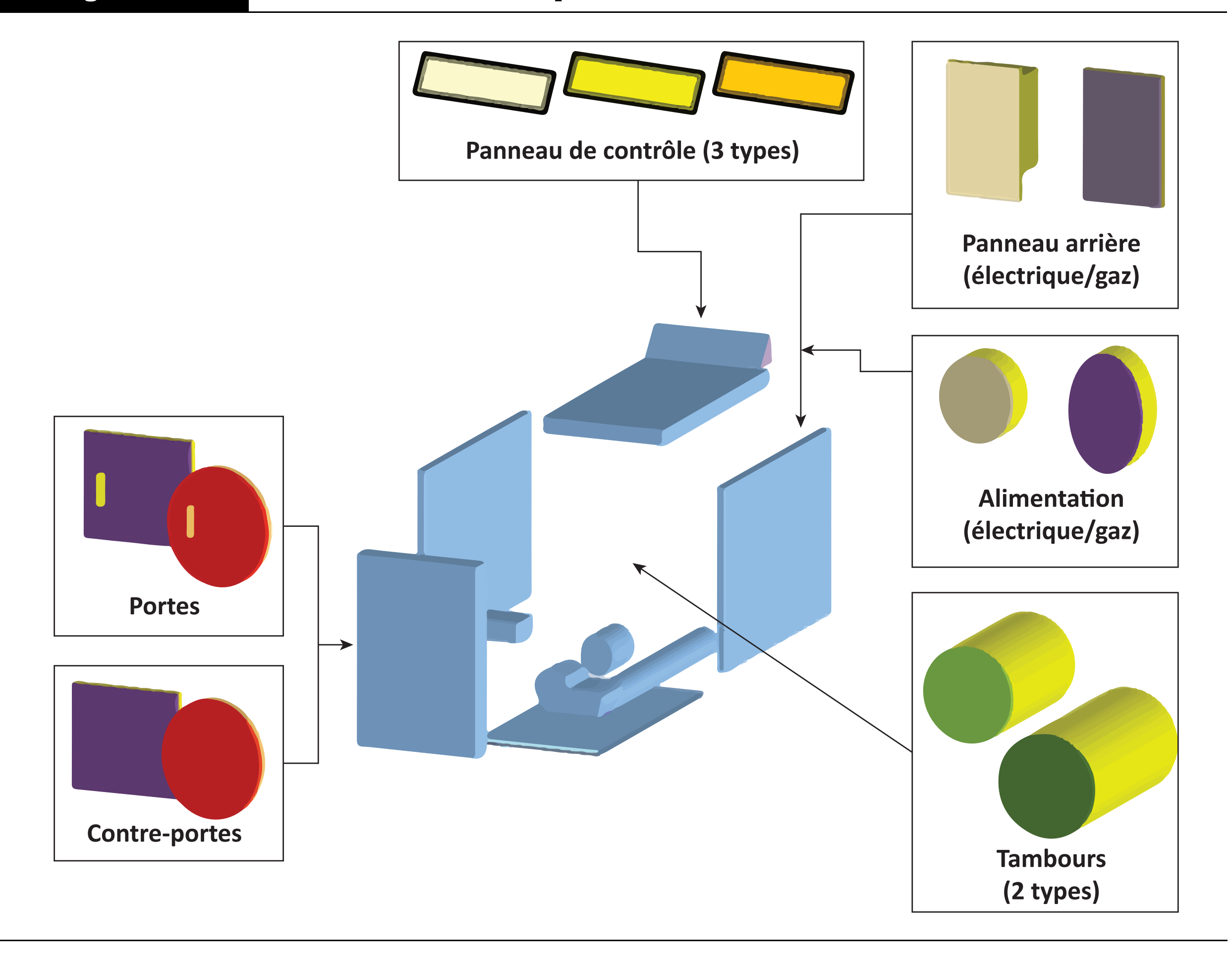
Il est possible de transposer les principes de réduction du nombre de pièces et d'étapes aux entreprises de services. Par exemple, lors de l'accueil d'un nouveau client, le prestataire de service peut dire : « Bonjour », attendre que le client lui réponde, puis relancer avec : « Comment puis-je vous aider? ». Si le prestataire accueille plutôt le client en lui disant : « Bonjour, comment puis-je vous aider? », il est probable que le client ne répondra pas au « bonjour » et énoncera directement son besoin. L'interaction est alors plus courte, tout en demeurant polie et accueillante.

La conception modulaire

La conception modulaire consiste à créer des groupes de produits distincts mais qui sont assemblés à partir d'un nombre limité de sous-assemblages standardisés (les modules), qui seront combinés de différentes manières. C'est le principe des jeux *Lego* : un nombre limité de composants permet de produire une variété de combinaisons. La figure 8.5 illustre comment un grand fabricant d'appareils électroménagers a conçu ses sécheuses de façon modulaire. Toutes les sécheuses partagent une même structure de base (en bleu) composée des panneaux (devant, côtés, dessus, dessous), du filtre, du bloc moteur et de l'entraînement du tambour, et du système électronique situé sous le panneau de contrôle. Les sécheuses peuvent être alimentées au gaz ou à l'électricité; les deux types d'alimentation constituent donc des modules interchangeables (les deux peuvent être installés sur la même structure de base), mais une fois que le type d'alimentation est choisi, il conditionne le choix du panneau arrière (ces modules ne sont donc pas interchangeables). Dans le même sens, la sécheuse peut avoir une porte ronde ou carrée, mais la forme de la porte détermine le choix de la contre-porte. Enfin, on peut installer deux types de tambour (qui se distinguent par le niveau d'insonorisation) et trois types de panneaux de contrôle (qui se distinguent par le nombre d'options de séchage). Ces modules permettent, théoriquement, d'obtenir 24 configurations différentes[33] même si le fabricant limitera probablement le nombre de modèles disponibles.

[33] Soit 2 types d'alimentation × 2 types de porte × 2 types de tambour × 3 types de panneau de contrôle.

Figure 8.5 **Illustration de la conception modulaire d'une sécheuse**



Ainsi, la conception modulaire offre les avantages de la standardisation tout en permettant d'augmenter la variété des produits. Si l'on avait conçu de manière indépendante les 24 modèles possibles de sécheuses, on se serait retrouvé avec un très grand nombre de composants et de pièces, alors que la conception modulaire a permis de réduire le nombre de modules (ou composants) à 14 (si l'on considère la structure de base comme un seul module). Elle facilite aussi l'évolution des produits tout en limitant les risques et les coûts. En effet, on peut conserver pendant plusieurs années les modules de base dont la qualité a été éprouvée et dont les coûts de développement ont été amortis, et ne modifier que certains modules qui permettent d'obtenir un produit à l'allure nouvelle ou possédant des fonctionnalités additionnelles. Par contre, il faut prendre garde à ce que les nouveaux modules soient parfaitement compatibles avec ceux qui sont conservés. De plus, si un problème est détecté dans un des modules communs à plusieurs produits, on risque de devoir réparer ou rappeler un grand nombre de produits.

Au plan de la gestion des opérations, la réduction du nombre de composants facilite beaucoup la gestion des matières. Elle rend aussi une partie de la production plus prévisible : quelles que soient les ventes respectives des différents modèles de sécheuse, on sait qu'on aura besoin de la même structure de base puisqu'elle est commune à tous les produits. On peut donc en acheter les pièces et la fabriquer en grandes quantités pour

réduire les coûts de production et d’approvisionnement. Enfin, la conception modulaire facilite la stratégie de différenciation retardée, qui a été abordée au chapitre 5. Dans l’exemple de la figure 8.5, même si l’on ne connaît pas encore très précisément quelles seront les ventes des différents modèles, on peut commencer à assembler les structures de base avec l’un ou l’autre modèle de tambour et, lorsque la demande se précisera, il ne restera qu’à ajouter les autres modules. Cette manière de procéder permet de réduire les délais et l’horizon de planification du plan directeur de production.

La conception modulaire est répandue dans plusieurs secteurs, mais elle est omniprésente dans l’industrie automobile. D’abord, le développement des véhicules se fait autour d’un nombre limité de plates-formes standards (soit des combinaisons de châssis, d’empattements, de suspensions, de transmissions et d’emplacement du bloc-moteur). Ainsi, la même plate-forme peut servir à fabriquer des véhicules en apparence très différents : par exemple, la même plate-forme est utilisée pour fabriquer des modèles de Ford, de Mazda et de Volvo, ou encore des modèles de Toyota et de Lexus. Ensuite, les variantes d’un même modèle se différencient les unes des autres par l’ajout de groupes d’options (sièges chauffants ou à ajustement assisté, caméra de recul, reconnaissance vocale, etc.). Enfin, l’acheteur peut personnaliser davantage son véhicule en ajoutant des options à la carte (roues en alliage, système audio de qualité supérieure, galerie de toit…).

Du côté des entreprises de services, il est également possible d’utiliser la conception modulaire. Par exemple, les institutions financières et les firmes de gestion d’investissements ont créé des fonds de placement composés d’une variété de titres (différents types d’actions, d’obligations ou autres) et visant des objectifs particuliers (revenu fixe ou croissance, différents niveaux de risque). Ainsi, plutôt que de devoir constituer un portefeuille de titres particuliers pour chaque client, on peut lui proposer de répartir ses avoirs dans différents fonds ou même d’investir dans un portefeuille préétabli combinant déjà un assortiment de fonds.

La conception des produits et le développement durable

Tant les gouvernements que les citoyens et la communauté internationale exercent de plus en plus de pressions sur les entreprises pour qu’elles tiennent compte des enjeux environnementaux et éthiques lors du développement des produits. La conception des produits étant intimement liée aux processus qui permettent de les réaliser, la responsabilité des organisations s’étend à l’ensemble de la chaîne de conception, de production, de consommation et de post-consommation. La conception durable (ou conception écologique) porte entre autres sur les éléments suivants :

- La réduction des stratégies d’obsolescence programmée et, à l’opposé, la conception de produits robustes, durables et réparables, et que les acheteurs auront envie de conserver longtemps;
- L’utilisation de matières premières à faible impact environnemental : matières recyclées, matières renouvelables, réduction de l’utilisation des ressources rares ou menacées;
- La prise en compte des méthodes de fabrication requises et de leurs impacts environnementaux : efficacité énergétique, réduction des pertes et des déchets

de fabrication, réutilisation ou recyclage des sous-produits générés par la production, élimination ou traitement des déchets toxiques;

- La réduction de l'emballage et l'utilisation de matériel d'emballage réutilisable, biodégradable ou recyclable;
- La diminution de l'empreinte environnementale laissée par la chaîne d'approvisionnement et de distribution : réduction du poids des produits, réduction des distances à parcourir, choix des modes de transport les moins polluants;
- La prise en compte de la post-consommation, en concevant des produits dont il est facile de recycler les composants et les pièces, dont les matériaux sont recyclables, qui sont biodégradables ou à dégradation rapide, et qui se décomposent sans émettre de substances toxiques.

Au plan éthique, on considérera également la sécurité des produits et leur traçabilité, de même que leur durée de vie utile en relation avec le prix payé. Cet aspect comprend également tout ce qui a trait aux conditions de travail des employés (entre autres, leur santé et leur sécurité) ainsi que leur rémunération équitable; ce principe s'applique aussi aux employés des sous-traitants et des fournisseurs. Le désir de fabriquer les produits au plus bas prix possible ne devrait pas entraîner de pratiques d'approvisionnement non éthiques ou exerçant une telle pression sur les fournisseurs que ces derniers n'auront d'autre choix que d'adopter eux-mêmes des pratiques non écologiques ou non éthiques.

Les enjeux environnementaux doivent aussi être pris en compte dans les entreprises de services : économies d'énergie, réduction du papier, réduction des fournitures à usage unique (lorsque c'est possible), réduction des déchets, recyclage et compostage des surplus, etc. Par exemple, plusieurs chaînes hôtelières demandent à leurs clients de ne demander le changement des serviettes et de la literie que lorsque c'est nécessaire, de manière à réduire la pollution due à la lessive. Depuis quelques années, les commerçants incitent les clients à emporter leurs emplettes dans des sacs réutilisables. On voit de plus en plus d'organisations développer des services de partage des biens (vélos, automobiles…) ou de vente de produits usagés.

Certaines pratiques peuvent faire l'objet d'une réglementation. Au Québec, par exemple, des frais de gestion environnementale sont inclus dans le prix de vente de plusieurs produits électroniques, et dans celui des ampoules contenant du mercure; ces frais servent à financer les activités de récupération et de traitement de ces produits une fois leur vie utile terminée. Dans le même sens, la consigne imposée sur les canettes d'aluminium et certaines bouteilles incite les consommateurs à rapporter les contenants vides. La prise en compte des enjeux environnementaux peut aussi être encouragée par la possibilité de recevoir un certificat de conformité à une norme reconnue. La plus connue est probablement la norme ISO 14 001, développée par l'Organisation internationale de normalisation. Cette norme fournit des lignes directrices aux entreprises qui souhaitent mettre en place un système de gestion environnementale et certifie que l'organisation effectue les activités auxquelles elle s'est engagée (mais elle n'évalue pas la performance environnementale). Certains secteurs d'activité ont aussi développé leurs propres normes. Dans le domaine de la construction, par exemple, les différents niveaux de la certification LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) sont liés à la performance écologique des édifices qui la reçoivent. Du côté des appareils électroniques et

électriques, les fabricants sont incités à se conformer à la directive européenne RoHS (*Restriction of the use of certain Hazardous Substances*), et ce, en éliminant de leurs produits six substances dangereuses, dont le plomb et le mercure.

8.5 Du produit au processus

La variété des produits et leur degré de standardisation sont parmi les éléments qui influencent le plus le processus de production. Si les produits sont standardisés, cela implique que tous les exemplaires d'un même produit auront les mêmes caractéristiques et passeront par les mêmes étapes de transformation. Au contraire, si les produits ont des caractéristiques différentes, il est probable qu'ils n'aient pas tous à passer par les mêmes étapes. Le flux des produits, c'est-à-dire la manière dont les produits en cours progressent d'une étape à l'autre du processus, sera donc différent selon que les produits sont tous les mêmes ou pas. Il y a trois types de flux :

1) Le flux discontinu : on dit que le flux est discontinu quand les produits en cours progressent de manière intermittente, c'est-à-dire que la production est interrompue entre les étapes (les produits en cours sont alors temporairement stockés et attendent qu'on puisse continuer la transformation). Les produits en cours – individuellement ou en lots – peuvent aussi être déplacés d'un endroit à l'autre de l'entreprise en fonction des opérations à réaliser. Par exemple, lorsqu'on va chez le garagiste pour faire réparer une voiture, ce dernier peut interrompre la réparation pour travailler sur un autre véhicule ou attendre la réception d'une pièce de rechange, puis reprendre son travail plus tard. On peut penser aussi aux visiteurs d'un parc d'attractions, qui se promènent de manière irrégulière et discontinue d'un manège à l'autre en fonction de ce qui les intéresse;

2) Le flux semi-continu (ou flux connecté) : on dit que le flux est semi-continu lorsque les produits en cours progressent de manière régulière et unidirectionnelle d'une étape de transformation à l'autre, habituellement un à la fois, selon le principe du travail à la chaîne. Il s'agit toutefois d'une progression semi-continue car le produit s'arrête à chacune des étapes pour être transformé, même si cet arrêt peut être bref. Il peut y avoir une certaine accumulation de produits entre les étapes (par exemple sur le convoyeur qui transporte les produits en cours d'une étape à l'autre), mais cette accumulation est de courte durée et la progression d'une étape à l'autre est la même pour tous les produits. Pour illustrer le flux semi-continu, pensons aux clients d'une cafétéria qui se suivent le long du comptoir de service pour prendre les différents plats et boissons qui vont constituer leur repas, ou encore aux chaînes d'assemblage ou de conditionnement qu'on retrouve dans de nombreuses industries (automobiles, appareils électriques ou électroniques, etc.);

3) Le flux continu : dans ce type de flux, le produit en cours progresse aussi de manière constante et unidirectionnelle entre les étapes, mais il s'agit d'un processus entièrement mécanisé ou automatisé, pendant lequel la circulation

du produit ne s'arrête pas (ou presque pas). Très souvent, il n'y a même pas d'unités de produit distinctes mais le traitement ininterrompu d'un liquide ou d'un solide comme, par exemple, dans une raffinerie de pétrole ou de sucre.

Lorsque les produits sont très variés et n'ont pas tous à passer par les mêmes étapes de transformation, on adoptera un processus dont le flux est discontinu. Par contre, si tous les produits doivent passer par les mêmes étapes de transformation, les processus à flux semi-continus et continus deviennent possibles et sont plus efficients.

Par ailleurs, plus la variété des produits est limitée et plus les produits sont standardisés, plus il est probable qu'ils soient fabriqués en grandes séries. Dans ce cas, le volume de production élevé justifie qu'on consacre au produit une partie du système opérationnel, qui sera organisée autour de lui – mais qui, en conséquence, sera moins flexible. À l'opposé, les produits très différenciés sont normalement fabriqués en plus petits lots (et peuvent même être uniques). Dans ce cas, les produits se partageront un système flexible, organisé autour des opérations à réaliser plutôt qu'autour d'un produit particulier.

Finalement, la variété des produits et leur degré de standardisation sont aussi liés au mode de lancement de la production. La fabrication pour les stocks et l'assemblage sur commande sont associés à des produits standards (la variété de produits peut être plus ou moins grande selon l'entreprise), et il s'agit habituellement de production à grand volume. La fabrication sur commande, quant à elle, est généralement associée à des produits plus personnalisés, mais la taille des lots commandés et le moment précis de la différenciation peuvent varier beaucoup et auront une influence déterminante sur le choix du processus. S'il s'agit de petits lots de produits et si les étapes à suivre pour les réaliser varient beaucoup d'un client à l'autre (par exemple dans un atelier d'usinage[34]), on aura besoin d'un système opérationnel flexible organisé autour des opérations à réaliser. Par contre, s'il s'agit de lots de grande taille et pour lesquels les étapes à suivre sont sensiblement les mêmes d'un client à l'autre (par exemple des lots de circulaires à imprimer pour les supermarchés), on peut mettre en place un système opérationnel organisé autour des produits. Ces nuances deviendront plus claires à la section suivante, qui présente les différents types de processus et leurs caractéristiques.

Les types de processus

Comme on vient de le voir, les processus diffèrent en fonction du degré de standardisation et de la variété des produits, du flux des produits d'une étape à l'autre du processus, du niveau de flexibilité requis, du volume de fabrication et du mode de lancement de la production. Les processus varient aussi en fonction de leur capacité à atteindre les cibles fixées pour les attributs stratégiques de délai et de coût.

D'entrée de jeu, il faut comprendre qu'un même processus ne peut pas tout faire ni posséder toutes les qualités : les processus qui permettent de fabriquer à faible coût de

[34] Un atelier d'usinage est une entreprise qui fabrique ou façonne des pièces, le plus souvent métalliques, pour répondre aux besoins spécifiques des clients lorsque des pièces standards ne sont pas disponibles (par exemple pour usiner des pièces de rechange qui ne sont plus vendues sur le marché). On y réalise une variété d'opérations de pliage, tournage, perçage, découpage, fraisage, soudure, etc.

grands volumes de produits standardisés sont très différents des processus flexibles capables de fabriquer de manière efficiente de petits lots de produits répondant aux besoins particuliers de chacun des clients. On ne confectionne pas un gâteau de mariage pouvant servir 200 personnes de la même manière qu'on fabrique des petits gâteaux emballés individuellement et vendus en boîtes dans les supermarchés. Pour mieux se représenter les différents processus et leurs caractéristiques, on peut les séparer en quatre groupes (ou types) distincts :

1) Les processus de type ***atelier*** (ou atelier multigamme) : on retrouve ces processus dans les entreprises qui offrent des biens et des services personnalisés, voire uniques[35], ou de petits lots de produits très différenciés. Pensons par exemple aux ateliers d'usinage, à la fabrication artisanale de chocolats fins, aux services comptables, aux salons de coiffure, etc., bref à toutes les organisations dont le facteur clé de succès est la capacité à s'adapter aux besoins des clients (en ce qui a trait tant aux produits qu'au délai de livraison) et qui, en conséquence, ont besoin de beaucoup de flexibilité. Le mode de lancement de la production est généralement sur commande, quoiqu'on puisse aussi retrouver de la fabrication pour les stocks (dans le cas de l'artisan chocolatier, par exemple). Le flux des produits est discontinu. La polyvalence de ce type de processus implique toutefois que les coûts de revient sont plus élevés (ce qui entraîne des produits plus chers) et que le volume est faible. Les organisations de ce type sont habituellement de petite taille;





2) Les processus de type ***masse par lot*** : on retrouve ces processus dans les entreprises qui offrent des biens et des services plus standardisés, mais où la variété des produits est encore grande, et qui vont donc traiter les produits en lots de quantités variables. Pensons, par exemple, à la production des médicaments vendus sur ordonnance, à la fabrication de machinerie agricole ou de voirie, ou à la fabrication de chaussures; du côté des services,

[35] Dans le cas des produits uniques, on réfère parfois à un cinquième type processus, le *projet*, mais on peut aussi considérer le projet comme un cas particulier des processus de type atelier.

on pourrait retrouver le transport aérien des personnes ou encore les buanderies commerciales. Les entreprises de ce type se démarquent encore par leur adaptabilité, mais à un degré moindre que les ateliers; les clients veulent surtout un produit fiable à un prix raisonnable. Puisque la variété est élevée, le système opérationnel doit conserver une certaine flexibilité, ce qui sera permis par un flux discontinu. On commence toutefois à rechercher aussi l'efficience des opérations. Selon les industries, la production se fait sur commande ou pour les stocks. Les organisations de ce type sont habituellement de taille moyenne;





3) Les processus de type ***masse en continu*** : on retrouve ces processus dans les entreprises qui fabriquent un volume élevé de produits standards, d'une variété réduite et fabriqués pour les stocks. Bon nombre d'entreprises qui produisent des biens de consommation courante et des fournitures industrielles entrent dans cette catégorie, par exemple les fabricants d'accessoires électroniques (téléviseurs, téléphones, tablettes…), de véhicules automobiles et récréatifs (motos, véhicules tout-terrain…), de produits domestiques, etc. Du côté des services, les centres de tri du courrier et des colis, ou encore le transport par métro, correspondent à un processus de masse en continu. L'objectif de ce type de processus est l'efficience des opérations et l'obtention d'un produit de qualité constante à un coût faible. On y parvient grâce à la standardisation, qui permet d'adopter un flux semi-continu, de centrer le système opérationnel sur la succession des étapes de réalisation du produit ou du service, et de rentabiliser cette infrastructure par la production à grand volume. De plus, les opérations sont souvent très mécanisées, voire automatisées ou robotisées. Par contre, le système est très peu flexible. Compte tenu de l'infrastructure requise, on retrouve normalement ce type de processus dans les organisations de grande taille;





4) Les processus de type ***process*** (ou traitement) : ce type de processus est utilisé par les entreprises qui ne fabriquent qu’un seul produit ou ne traitent qu’une seule matière première, et ce, en utilisant un processus entièrement automatisé et à flux continu. C’est le cas des entreprises spécialisées dans le raffinage (pétrole, sucre, huiles alimentaires…) ou dans la fabrication de certains produits chimiques. Il s’agit d’entreprises de très grande taille et pour lesquelles le facteur clé de succès est la réduction des coûts. La production est exclusivement pour les stocks et le système opérationnel mis en place ne possède pratiquement aucune flexibilité. Dans les entreprises de services, on trouverait l’équivalent d’un processus de type *process* dans les industries de la téléphonie, de la câblodistribution ou de la distribution de l’électricité.





La figure 8.6 permet de comparer les caractéristiques des quatre types de processus et fait ressortir la nécessité des arbitrages. C'est ici que l'expression « tandem produit-processus » prend tout son sens : une forte variété de produits personnalisés fabriqués sur commande – tels que les gâteaux de mariage – requiert un système opérationnel flexible, ce qui s'obtient en produisant à faible volume et sans la possibilité d'obtenir des économies d'échelle; au contraire, la fabrication de grandes quantités de petits gâteaux préemballés vendus à prix bas n'est possible que si on limite suffisamment la variété des produits pour pouvoir automatiser la production et obtenir un flux pratiquement continu. Les dirigeants doivent déterminer les attributs stratégiques sur lesquels ils souhaitent se concentrer, en fonction du segment de marché visé et du positionnement de l'organisation face à ses concurrents. C'est ce qu'on appelle l'*entreprise focalisée*. La focalisation permet d'obtenir un tandem produit-processus bien ajusté, à la fois efficace et efficient. Elle exige toutefois de renoncer aux segments de marché auxquels le système opérationnel ne permet pas, ou permet mal, de répondre. Ceci ne veut pas dire qu'une entreprise ne peut pas chercher à s'améliorer sur tous les plans. Le pâtissier qui fabrique des gâteaux de mariage peut améliorer ses processus et ses méthodes pour réduire les coûts, ou identifier certains composants standards et en optimiser la production. À l'autre extrême, le producteur de petits gâteaux préemballés peut travailler à rendre son processus plus flexible pour pouvoir ajouter d'autres saveurs sans augmenter ses coûts. Mais on peut difficilement concevoir une entreprise capable de faire les deux types de produits, du moins pas dans les mêmes installations.

Figure 8.6 **Synthèse des caractéristiques des quatre types de processus**[36]

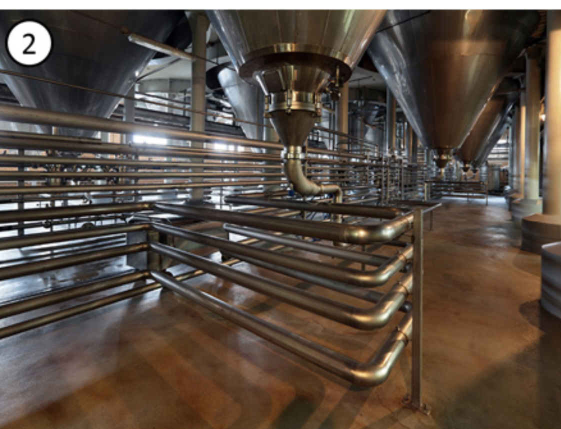
[36] Adapté de Nollet, J., J. Kélada et M. Diorio, (1986). *La gestion des opérations et de la production – une approche systémique.* Montréal : Gaëtan Morin, 896 pages.

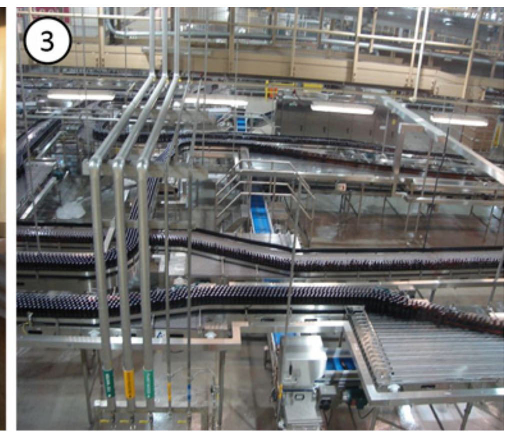
De plus, puisque les facteurs clés de succès se modifient au fur et à mesure du cycle de vie des produits, les processus doivent évoluer eux aussi. Au stade du développement, on a un produit unique, un prototype, dont on fabriquera ensuite de courtes séries pour évaluer sa fabricabilité; le processus sera de type atelier. En phase de lancement, les ventes sont faibles, il n'y a pas de pression sur les prix et le système doit demeurer flexible pour faire des ajustements au produit. Mais au fur et à mesure que le produit se stabilise et que les ventes augmentent, on passe du processus de type atelier au processus de masse par lots. Puis, le produit se standardise et les versions moins populaires sont éliminées; la demande est au plus fort et la concurrence exerce des pressions sur les prix. Il faut alors un processus de masse en continu.

Il est important de noter que la typologie des processus a essentiellement pour but de permettre de caractériser rapidement le processus d'une organisation dans laquelle on travaille et d'en comprendre les avantages et les limites. Elle est aussi utile lors des situations de changement, pour s'assurer qu'il y a toujours une adéquation entre les produits, les attributs stratégiques et les processus. Toutefois, on rencontrera souvent dans les organisations des situations intermédiaires ou encore l'utilisation de deux ou même trois types de processus différents. Par exemple, plusieurs entreprises du secteur de l'alimentation ont des processus qui sont très près du type *process*, même si l'on peut y voir progresser des unités de produit distinctes et qu'elles fabriquent en fait des lots de produits différents mais suivant exactement les mêmes étapes. Pensons à la fabrication à grand volume des craquelins et des biscuits, qui passent d'une étape de préparation à l'autre dans un flux continu, même pour la cuisson (le convoyeur pénètre dans un four dont la longueur est telle que le biscuit cuit parfaitement pendant le temps qu'il faut pour le traverser). Dans le même sens, plusieurs entreprises qui fabriquent en masse par lot auront, pour le conditionnement des produits, un processus de type masse en continu ou quasi-*process*, parce que tous les produits sont emballés de la même manière et en suivant les mêmes étapes. C'est le cas des grandes brasseries, tel que l'illustre la figure 8.7 : la fermentation s'y fait en lots dans des cuves distinctes (image 1) et, une fois celle-ci terminée, la bière se déverse directement dans un réseau de tubulures (image 2) et passe à travers une série d'étapes de traitement, pour être finalement embouteillée sur une chaîne à haute vitesse (image 3).

Figure 8.7 **La production dans une grande brasserie**







La personnalisation de masse

Depuis une vingtaine d'années est apparu un nouveau type de processus : la personnalisation de masse. Il s'agit, à la base, d'un processus de masse mais pendant lequel il est possible d'ajouter au produit un certain degré d'individualisation. Par exemple, un grand fabricant de souliers de course offre à ses clients la possibilité de concevoir leurs propres souliers en choisissant parmi différentes options : deux types de semelle, deux couleurs d'empeigne, sept couleurs de semelle intermédiaire et treize couleurs pour l'appliqué du logo du fabricant, pour un total de 364 combinaisons possibles. Le client peut aussi faire apposer sur la languette une étiquette portant son nom. Chaque paire est fabriquée sur commande avec un délai de livraison de quelques semaines seulement. Mais comment est-ce possible, compte tenu de ce qu'on a vu précédemment sur les processus de masse (peu flexibles, produits standardisés, fabrication pour les stocks)?



D'abord, les possibilités de personnalisation sont somme toute limitées à cinq éléments. La structure de base du soulier (c'est-à-dire, tout le dessus du soulier, dont la fabrication est la partie la plus complexe et comprend plusieurs étapes de formage, de collage et de couture) est la même, sauf pour les deux couleurs d'empeigne. Comme pour la fabrication modulaire, on ne fait que choisir parmi certains éléments interchangeables qui n'ont aucun impact sur le processus de fabrication : qu'on utilise une couleur de semelle intermédiaire ou l'autre, ou une couleur de logo ou l'autre, les étapes d'assemblage ne sont pas modifiées et tous les souliers passent par les mêmes étapes dans le même ordre. En fait, c'est grâce aux technologies qu'on peut maintenant personnaliser à faible coût des produits fabriqués en masse. Les clients commandent leurs chaussures en ligne et les bons de commande sont instantanément convertis en commandes de fabrication qui s'insèrent dans le programme de production. Les technologies d'impression permettent de produire à bas prix une étiquette de tissus unique et portant le nom du client. Puis, les lots de pièces servant à fabriquer chaque paire de souliers sont identifiés par des étiquettes à code-barres ou par des puces RFID qui les associent aux commandes des clients. Ainsi, les paires de souliers personnalisées n'ont pas à passer par un processus à part : elles se mêlent aux autres pendant toutes les étapes du processus de fabrication et, à la toute fin, elles sont facilement reconnues et séparées du reste pour être livrées directement aux clients. Autrement dit, la personnalisation du produit n'empêche pas le processus d'être véritablement un processus de masse.

8.6 L'aménagement

L'aménagement est la disposition dans l'espace des diverses ressources physiques composant l'organisation. Si l'on considère les installations dans leur ensemble, l'aménagement est l'arrangement relatif des entrepôts, des lieux de production, des bureaux et des espaces de repos. Si l'on se concentre sur l'endroit où se déroulent les opérations, on s'intéresse plutôt à l'agencement relatif des postes de travail, des équipements et des stocks temporaires de produits en cours et de pièces. De plus près encore, on regarde la disposition du mobilier et des outils qui composent chaque poste de travail.

Les décisions relatives à l’aménagement sont cruciales. Dans la mesure où elles ont un impact sur la conception des édifices, il s’agit de choix effectués pour plusieurs années et qui exigent des investissements majeurs. De plus, l’espace coûte cher, surtout en milieu urbain; il faut donc l’utiliser de manière optimale, tant en superficie qu’en hauteur. Surtout, l’aménagement influence directement le déroulement des opérations et l’environnement de travail :

- Puisqu’il est directement lié à la circulation des matières, des produits en cours et des personnes, l’aménagement doit faciliter la circulation et la manutention : réduire la longueur des déplacements, éviter les retours en arrière et les croisements, prévoir le passage des modes de transport d’un endroit à l’autre et les manœuvres des chariots élévateurs;

- Il doit permettre une utilisation optimale et sécuritaire des équipements : accès facile aux sources d’énergie et aux systèmes d’évacuation; espace suffisant pour l’équipement lui-même et pour les zones de sécurité qui doivent l’entourer; accès facile aux appareils pour l’entretien et les réparations;

- Il doit isoler les zones où les opérations réalisées risquent de nuire aux autres ou d’être perturbées par les autres : émission de poussière, de vapeurs, de chaleur ou de radiations, zones à atmosphère ou à température contrôlée, etc.;

- Il doit prévoir l’espace nécessaire aux endroits où il risque de s’accumuler des stocks de produits en cours (ou des files de clients) et aménager ces espaces de manière à ce que les produits ne soient pas abîmés et que les clients aient une attente agréable;

- Il doit faciliter la supervision des opérations et la surveillance des lieux;

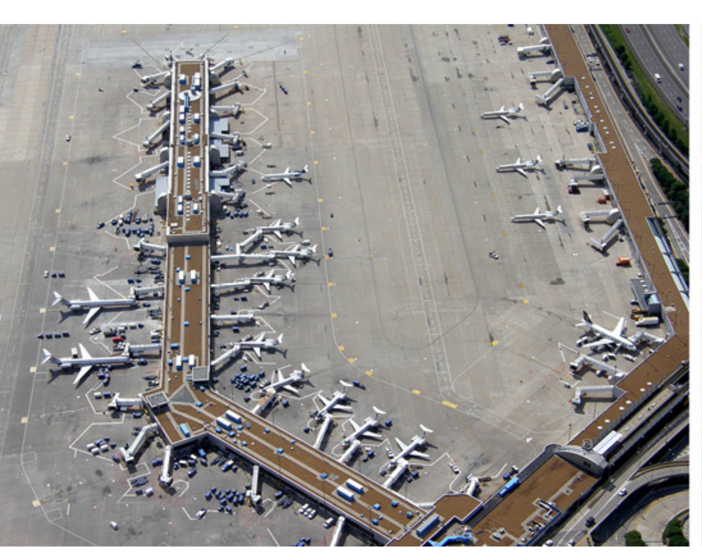
- Il doit préserver la santé et la sécurité des employés : qualité de l’air, contrôle du bruit et de la température, sources d’éclairage, ergonomie des postes de travail, restriction de l’accès à certaines zones, etc. Idéalement, l’aménagement devrait aussi être agréable et prévoir des éléments de décoration;

- Il doit faciliter la communication entre les personnes et, au besoin, ménager des aires de travail favorisant la concentration et l’intimité;

- Si possible, il doit offrir une certaine flexibilité pour qu’on puisse procéder à des réaménagements ou à des agrandissements sans devoir tout refaire ou encourir des coûts trop élevés.

Comme on peut le constater, les enjeux sont importants et nombreux. Il s’y ajoute des contraintes, les principales étant l’espace disponible de même que la taille des équipements et l’ordre dans lequel il faut les placer (ce dernier étant déterminé par le flux des produits et le type de processus). Conséquemment, il faut souvent choisir entre différents objectifs à atteindre, compte tenu des contraintes à respecter. L’aménagement des grands aéroports fournit un bon exemple des arbitrages nécessaires. D’un côté, on veut faciliter le transit des avions : sécurité des pistes, optimisation des activités de ravitaillement et de transfert des bagages, accès direct aux quais de débarquement et d’embarquement des passagers pour réduire le temps passé au sol, etc. Pour atteindre ce

but, les aéroports ont souvent recours à un aménagement dit « en étoile », tel que celui illustré ci-dessous. D'un autre côté, ce type d'aménagement se traduit, pour les voyageurs, par de longs couloirs à traverser pour se rendre au quai d'embarquement, à tel point que les aéroports installent des tapis roulants pour rendre moins pénible le transit des passagers.





L'exemple précédent permet aussi de faire ressortir les particularités de l'aménagement dans les entreprises de services où le client doit se rendre pour recevoir le service. En plus des objectifs et des contraintes opérationnelles, il faut tenir compte du fait que le client voit les installations et que c'est souvent lui qui est appelé à circuler dans les lieux et à utiliser le mobilier et les équipements. Sa perception de la qualité du service dépendra donc des efforts déployés par l'organisation pour l'aider à s'orienter, réduire ses déplacements et lui offrir un environnement sécuritaire, confortable et agréable.

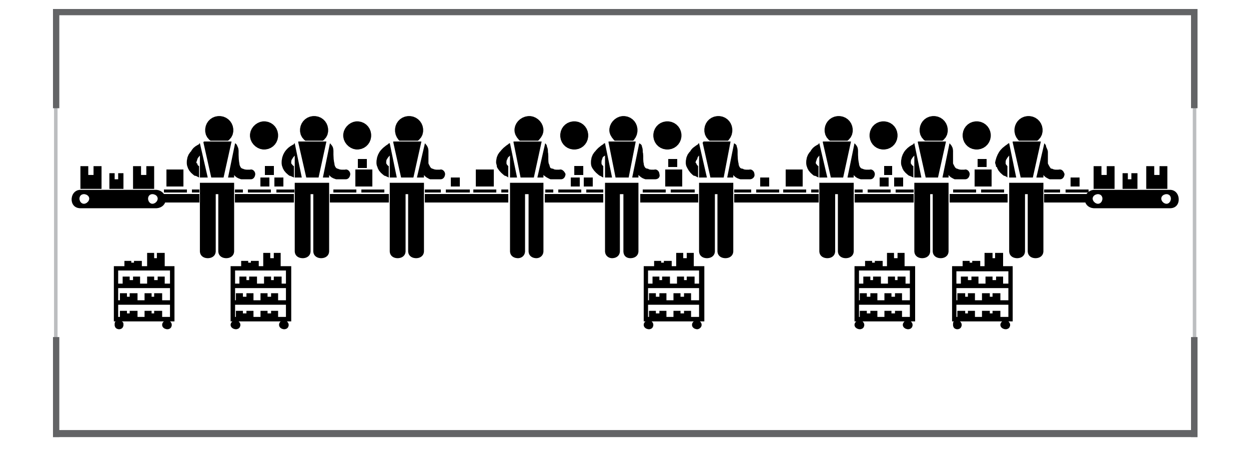
Les types d'aménagement

L'aménagement du système opérationnel rend compte du fait que les équipements de production et les postes de travail occupent un espace physique et doivent être disposés dans cet espace les uns par rapport aux autres. Cet agencement peut prendre une variété de formes, mais il est néanmoins possible de les regrouper en grands types, dont les quatre principaux sont l'aménagement linéaire, l'aménagement fonctionnel, l'aménagement cellulaire et l'aménagement stationnaire.

1. L'aménagement linéaire (ou aménagement produit)

L'aménagement linéaire est probablement le plus facile à reconnaître : les postes de travail et les équipements y sont placés en enfilade, selon l'ordre dans lequel ils interviennent dans le processus de production et, dans le cas de la fabrication industrielle, ils sont reliés par un système de transport des produits en cours (par exemple un convoyeur). La figure 8.8 représente schématiquement ce type d'aménagement.

Figure 8.8 **L'aménagement linéaire (ou aménagement produit)**



L'aménagement linéaire entraîne un flux plus ou moins continu des produits, qui se déplacent toujours dans le même sens, sans retour en arrière, et doivent tous traverser l'ensemble de la chaîne. Parce qu'il est organisé autour de la réalisation d'un produit spécifique, on l'appelle parfois *aménagement produit*. Notons que malgré son nom, l'aménagement linéaire n'a pas toujours la forme d'une ligne droite : il peut être en « L », en « U », en « S », ou même avoir une configuration plus complexe; l'essentiel est la présence d'un flux semi-continu ou continu, sans retour en arrière, et organisé en fonction de la succession des étapes de réalisation d'un produit précis.





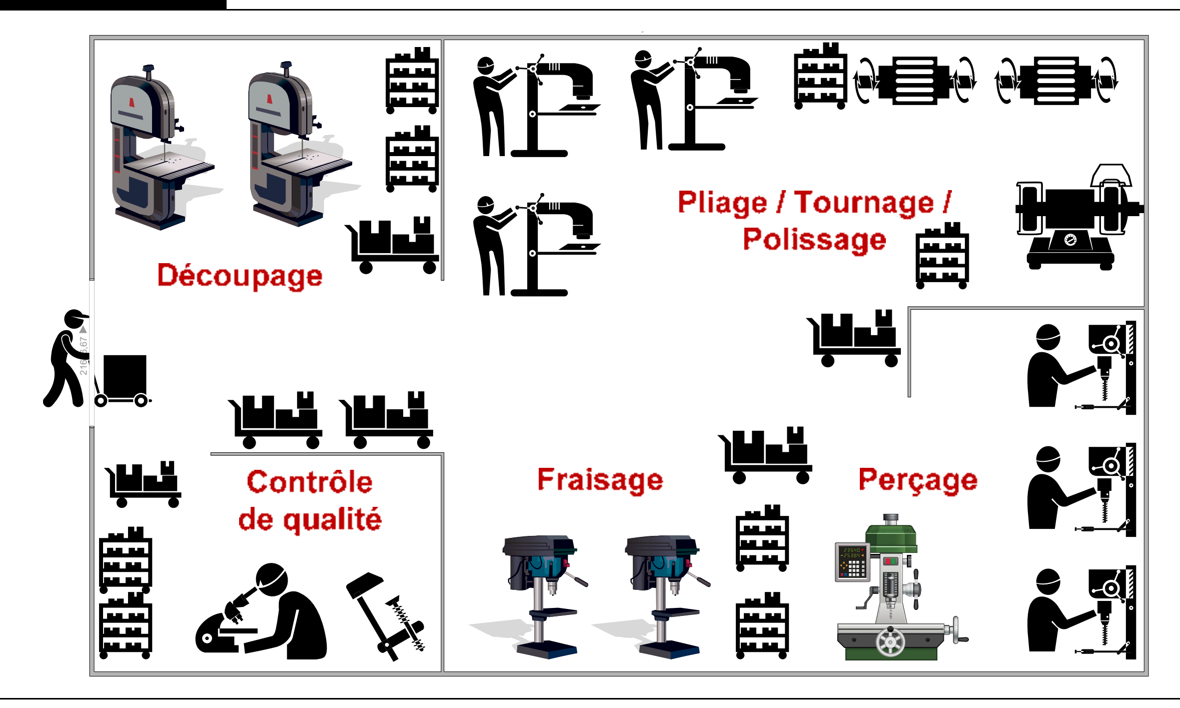


L'aménagement linéaire facilite le contrôle des opérations (contrôle de l'avancement des produits, contrôle de la qualité, contrôle du personnel) mais il est très peu flexible : si le processus de production est modifié (changement de gamme de produits, changement majeur de technologie, etc.), c'est souvent tout l'aménagement qui doit être repensé en conséquence. Il est aussi très difficile d'en augmenter ou d'en diminuer la capacité pour s'ajuster à la demande. Enfin, il faut prévoir l'installation et l'entretien du système de transport des produits en cours qui relie les étapes entre elles. Les photos au bas de la page précédente montrent quelques exemples d'aménagement linéaire.

2. L'aménagement fonctionnel

Dans ce type d'aménagement, les postes de travail et les équipements sont regroupés selon les opérations qu'ils réalisent. La figure 8.9 illustre ce type en schématisant l'aménagement d'un atelier d'usinage. Comme on le voit, on regroupe dans des zones distinctes tous les postes de découpage, tous les postes de pliage, tous les postes de perçage, etc.

Figure 8.9 **L'aménagement fonctionnel**



L'aménagement fonctionnel permet aux produits de se déplacer selon un flux discontinu : les produits en cours, individuellement ou en lots, vont être transportés d'une zone (ou section) à l'autre selon l'étape à réaliser. Ainsi, les produits qui ne requièrent aucun découpage ou aucun pliage ne passeront pas par ces sections; ils peuvent toutefois revenir plusieurs fois au même endroit, par exemple s'il y a une opération de perçage au début et une autre à la fin du processus de fabrication. Parce qu'il est organisé autour des procédés de transformation, on l'appelle parfois *aménagement procédé* ou *aménagement processus*. Enfin, le flux y étant discontinu, le transport des produits en cours d'une zone à l'autre se fait habituellement à l'aide de chariots (motorisés ou non) ou de transpalettes.

Dans l'aménagement de type fonctionnel, le travail des employés est spécialisé selon la section dans laquelle ils travaillent. Les employés sont regroupés selon leur expertise d'un procédé ou d'un type de transformation en particulier (ici, le tournage, le fraisage, etc.). Leur travail est toutefois plus varié que dans l'aménagement linéaire puisqu'ils peuvent travailler sur des appareils et des produits différents d'une journée à l'autre. Ils peuvent aussi opérer plusieurs machines à la fois ou s'entraider et se remplacer, au besoin.



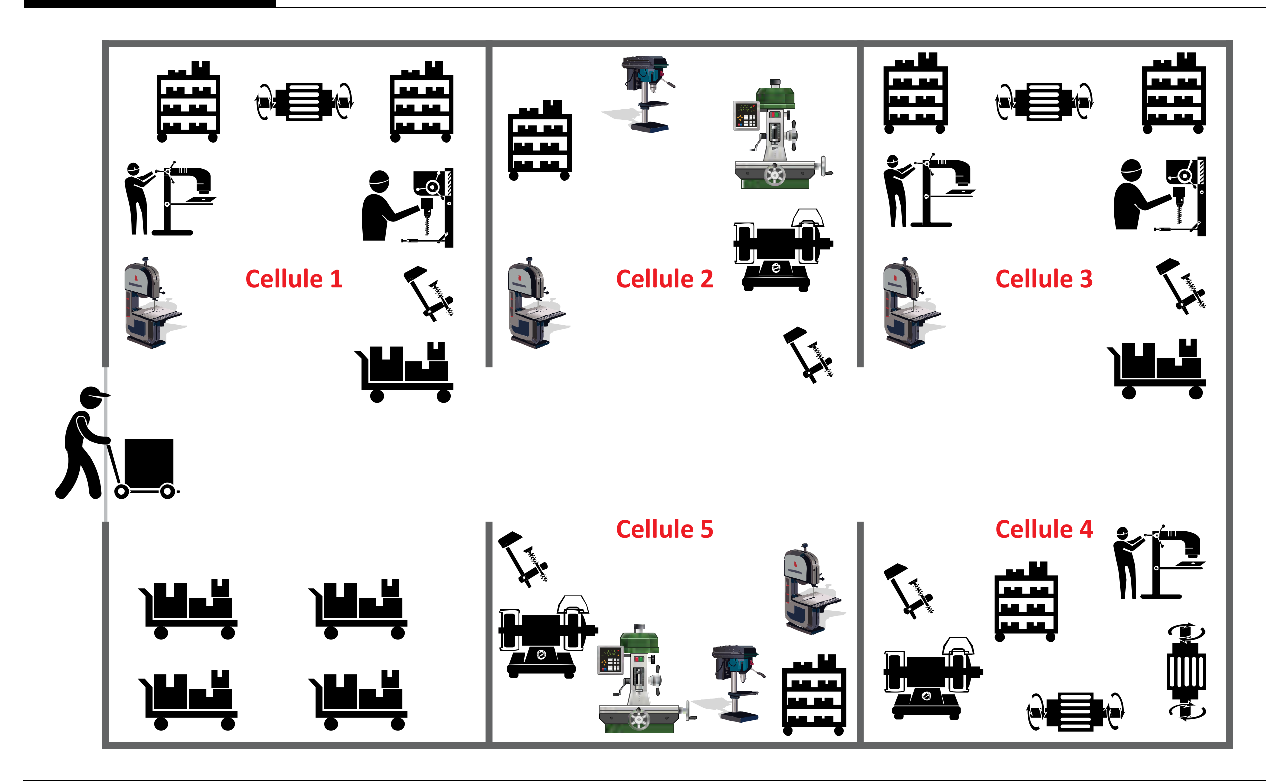


L'avantage principal de ce type d'aménagement est sa flexibilité, puisqu'il permet de réaliser des produits variés et peu standards. Au besoin, on peut ajouter à une section des appareils plus spécialisés ou plus modernes sans affecter les autres sections. Il est aussi plus facile d'isoler des procédés peu compatibles entre eux (par exemple éloigner la section de sablage de la section de peinture pour que les poussières de sablage ne viennent pas se déposer sur les surfaces fraîchement peintes). L'aménagement fonctionnel est aussi flexible sur le plan de la capacité : si l'espace le permet, on peut facilement ajouter des postes de travail à des sections qui ne parviennent pas à répondre à la demande, ou encore agrandir une section sans affecter les autres. Par contre, cet aménagement est plus difficile à gérer, puisque les opérations sont réalisées à différents endroits et que le flux des produits est discontinu. Le gestionnaire des opérations doit constamment coordonner les activités des sections et s'assurer d'avoir mis en place un bon système de suivi des commandes pour pouvoir facilement retracer une commande en cours, voir à l'acheminement des produits d'un département à l'autre, etc. Les photos ci-dessus illustrent l'aménagement de deux sections composées d'appareils exécutant des opérations similaires.

3. L'aménagement cellulaire

Dans l'aménagement cellulaire, les postes de travail et les équipements sont regroupés en îlots (ou cellules) autour d'une équipe d'employés, généralement en fonction d'une famille de produits ou de composants à fabriquer, ou d'un groupe d'étapes à réaliser. Tel que l'illustre la figure 8.10, on pourra par exemple avoir cinq cellules formées d'une combinaison variable d'appareils d'usinage. Chaque cellule peut se consacrer à la fabrication d'un produit ou d'un composant en particulier, et ce, du début à la fin.

Figure 8.10 **L'aménagement cellulaire**



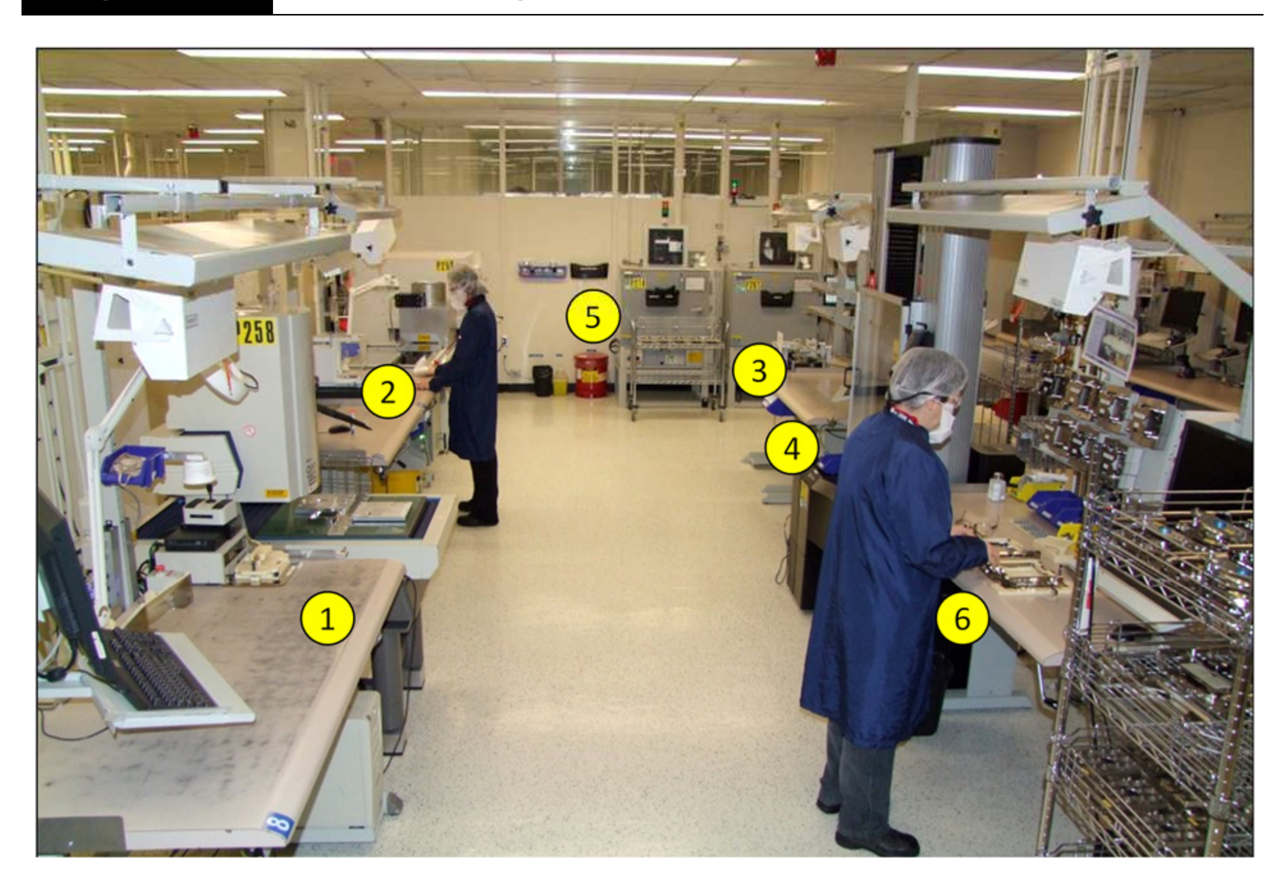
L'aménagement cellulaire est parfois considéré comme un hybride entre l'aménagement linéaire et l'aménagement fonctionnel. Tout comme l'aménagement linéaire, il permet de réaliser un ensemble d'étapes de transformation lié à un produit ou une famille de produits en particulier; c'est donc un aménagement centré sur le produit. Par contre, les cellules sont plus petites et normalement aménagées en U de manière à faciliter la collaboration des employés, qui sont collectivement responsables de l'ensemble des opérations qui y sont effectuées. Les employés peuvent se diviser les activités à réaliser et travailler chacun de leur côté, mais leur formation leur permet d'occuper tous les postes de travail qui composent la cellule; ils peuvent donc se remplacer les uns les autres ou s'entraider. La polyvalence des employés facilite aussi l'équilibrage du travail et la résorption rapide des effets d'un goulot d'étranglement ou d'un déséquilibre temporaire des capacités, ce qui est souvent un inconvénient de l'aménagement linéaire (on reviendra sur ce point en détail au chapitre suivant). De plus, le travail en équipe et la possibilité de réaliser ensemble un produit ou un composant en entier ont pour conséquence d'enrichir le travail, d'accroître la motivation et d'améliorer la qualité des produits, trois avantages qui font souvent défaut à l'aménagement linéaire.

D'un autre côté, tout comme l'aménagement fonctionnel, l'aménagement cellulaire est flexible : chaque cellule peut fabriquer des produits différents et, surtout, travailler indépendamment des autres. On peut donc confier à l'une des cellules une commande urgente ou un produit modifié sans que cela interfère avec le travail des autres cellules fonctionnant en parallèle. L'aménagement cellulaire a donc l'avantage de permettre une bonne variété de produits sans avoir à trop sacrifier le volume de production (on revien-

dra également sur ce point au chapitre 9). Il est aussi possible d'augmenter graduellement la capacité en ajoutant des cellules. Par ailleurs, l'aménagement cellulaire demande moins de manutention, de stockage temporaire et de déplacement des produits en cours que l'aménagement fonctionnel; la durée totale du cycle de fabrication est donc écourtée. Enfin, les opérations y sont habituellement coordonnées directement par les employés qui composent la cellule, ce qui rend cet aménagement assez facile à gérer.

À titre d'exemple, la figure 8.11 montre une cellule consacrée à l'encapsulation de puces électroniques chez un grand fabricant d'équipement informatique. Comme on peut le voir, la cellule comprend l'ensemble des équipements requis pour procéder à l'encapsulation, et les employés peuvent facilement passer d'un poste de travail à l'autre sans avoir à se déplacer très loin. Selon la demande, entre un et trois employés travaillent dans cette cellule et peuvent réaliser toutes les tâches.

Figure 8.11 **Exemple d'aménagement cellulaire dans l'industrie de l'électronique**



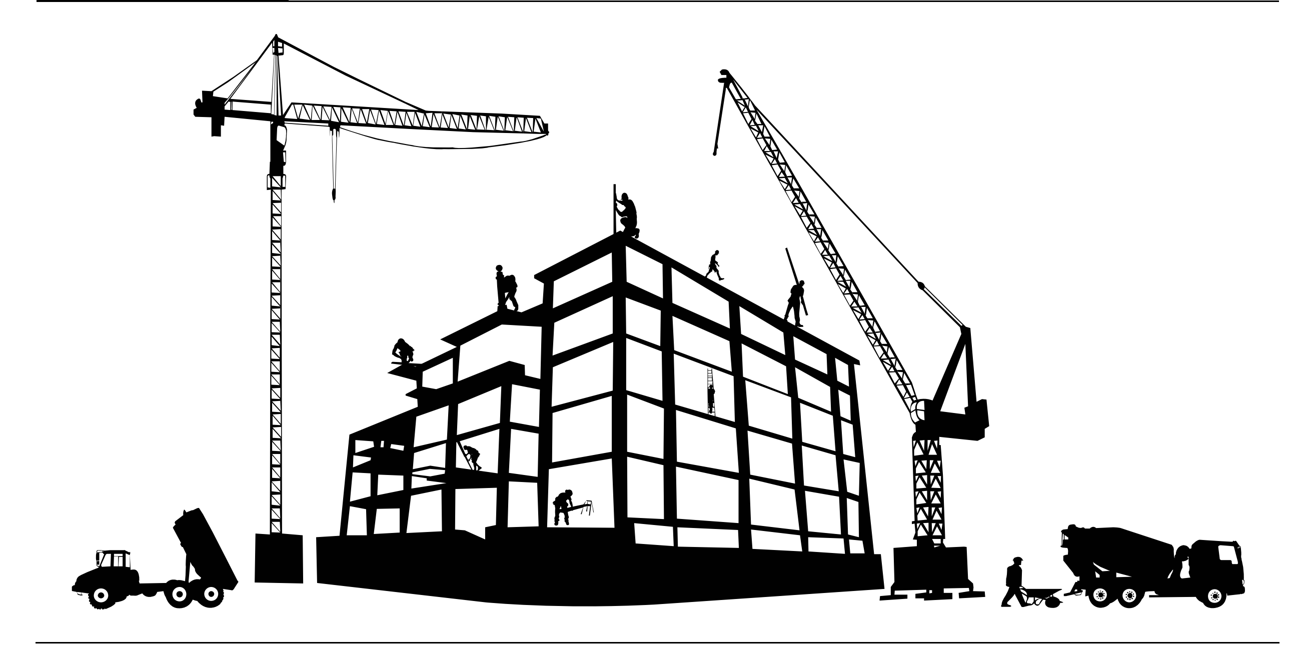
Étapes :

1. Mesure de la pièce
2. Application de la pâte de scellage et encapsulation
3. Préparation de la pièce pour le pressage
4. Pressage
5. Cuisson
6. Finition : pose et ajustement du cadre

4. L'aménagement stationnaire

L'aménagement stationnaire, aussi appelé aménagement fixe, est caractérisé par le fait que ce n'est pas le produit qui se déplace d'une étape à l'autre du processus de transformation, mais bien l'équipement et les employés qui se déplacent vers lui selon la séquence des opérations à réaliser. Il est généralement réservé aux produits fragiles ou de grande taille, ou qui ne peuvent pas être déplacés : édifices, navires, lignes électriques, sculptures monumentales, etc. La figure 8.12 illustre ce type d'aménagement.

Figure 8.12 L'aménagement stationnaire



Puisque le produit est fixe, ce sont les employés et les équipements qui doivent être mobiles afin de se déplacer à tour de rôle vers l'endroit où le produit est transformé. Il faut donc gérer et entreposer du matériel roulant et, surtout, bien coordonner les activités pour que les équipements et les employés soient disponibles au bon moment et amenés au bon endroit.





Notons que peu importe le type d’aménagement choisi, les principes d’un bon aménagement établis au début de cette section s’appliquent. Par exemple, lorsqu’on planifie un aménagement fonctionnel, on tentera de disposer les différentes sections les unes par rapport aux autres dans un ordre qui permette de réduire les déplacements et de les rendre le plus fluide possible. Toutefois, même si les sections sont placées selon la séquence utilisée pour la majorité des produits, cela n’en fait pas pour autant un aménagement linéaire; le critère premier reste le regroupement des équipements similaires et l’adéquation à un flux discontinu. Dans le même sens, un aménagement linéaire n’exclut pas qu’il puisse y avoir plusieurs postes de travail identiques placés ensemble le long de la chaîne (pour équilibrer les capacités, par exemple). Mais cela n’en fait pas pour autant un aménagement fonctionnel, puisque l’aménagement demeure centré sur le produit et sa séquence de fabrication.

De plus, il en va des types d’aménagement comme des types de processus : on retrouve dans les organisations des situations intermédiaires et, très souvent, différentes parties de l’entreprise peuvent avoir différents types d’aménagement. C’est aussi une question de point de vue : considère-t-on l’entreprise dans son ensemble ou une section en particulier? Par exemple, si l’on considère dans son ensemble une usine de fabrication de chaises de bureau, on verra un aménagement fonctionnel : fabrication des composants métalliques (pattes, bras, structure du dossier et du siège, etc.), section de rembourrage et de recouvrement des sièges et des dossiers, section d’assemblage, etc. Si l’on observe de plus près la section d'assemblage, on verra peut-être des cellules consacrées à l’assemblage de différents modèles de chaise (chaise droite, chaise pivotante, etc.). Enfin, il est possible que la section d’emballage, elle, soit aménagée de manière linéaire.

La description des quatre types d’aménagement permet de constater qu’il y a souvent un lien entre les caractéristiques du produit, les types de processus qui permettent de les réaliser et l’aménagement. Ce lien est sans équivoque pour les processus de type *process* : parce que les produits y suivent un flux parfaitement continu, ils exigent un aménagement linéaire. La grande majorité des processus de type masse en continu, dont le flux est semi-continu, adopteront aussi un aménagement linéaire. Dans certains cas cependant, on peut retrouver un aménagement hybride, par exemple un ensemble de cellules dont les opérations se succèdent et qui sont reliées entre elles par un convoyeur. Pour les processus de type masse par lot, dont le flux est discontinu, les aménagements fonctionnel et cellulaire sont appropriés, ou encore un aménagement hybride fonctionnel-linéaire (s’il y a une séquence d’étapes consécutives qui sont communes à tous les produits fabriqués). Finalement, pour les processus de type atelier, le choix d’aménagement dépend de la nature du produit et des transformations réalisées : on y retrouve habituellement des aménagements fonctionnels ou cellulaires, mais aussi l’aménagement stationnaire.

Les types d’aménagement définis plus haut peuvent aussi se retrouver dans les entreprises de services. Toutefois, dans les cas où c’est le client lui-même qui est l’objet de la transformation, c’est souvent lui qui se déplacera d’un poste de travail à l’autre. L’aménagement de type linéaire se retrouve dans les cas où le flux des clients est dirigé et contrôlé par l’agencement des supports physiques. Par exemple, certaines cafétérias sont aménagées de manière à former un corridor le long duquel se retrouvent les différents postes de service (prise du plateau et des ustensiles, boissons en fontaine, soupe, plat chaud, pain, dessert, caisse). On trouve l’aménagement de type fonctionnel dans les situations où le client doit se déplacer d’une zone à l’autre selon la nature des services à réaliser. Par exemple, les hôpitaux sont aménagés en sections (urgence, radiologie, chirurgie, différentes unités de soins…), et le client ira (ou sera conduit) d’une section à

l'autre selon le type de soin ou d'examen qu'il doit recevoir. On peut aussi considérer que les grands restaurants du genre « buffet libre-service » adoptent un aménagement de type fonctionnel : un îlot de service est consacré aux soupes et aux entrées, un autre aux crudités et salades, un autre aux plats chauds préparés à l'avance, un autre aux viandes à découper, un autre encore aux desserts, etc. Les clients se déplacent donc d'une zone à l'autre dans des séquences distinctes selon ce qu'ils souhaitent consommer ou pas, en retournant à leur table entre chaque service. Toujours dans le secteur de la restauration, on pourrait donner comme exemple d'aménagement de type cellulaire les foires alimentaires que l'on retrouve dans les centres commerciaux. En effet, on y trouve normalement différents comptoirs correspondant à différents genres culinaires (mets nord-américains, asiatiques ou méditerranéens, ou encore un comptoir de pizzas, un comptoir d'aliments santé, etc.). Chacun de ces comptoirs comprenant les stocks et l'équipement nécessaire à la réalisation d'un repas complet (plateaux et couverts, fontaines pour les rafraîchissements, poste de préparation des plats chauds et de conservation des plats froids, offre d'entrées ou de desserts, caisse), ils constituent donc autant de cellules distinctes consacrées à la réalisation en parallèle de produits différents. Enfin, on retrouve l'aménagement de type stationnaire dans les situations où le client est fixe et où l'on déplace vers lui tout ce qui est nécessaire à la réalisation du service. Par exemple, les restaurants traditionnels, où le client est assis et où l'hôtesse, le sommelier et le serveur lui amènent successivement le menu, les boissons, le pain, les plats, le dessert, l'addition, etc., correspondent à un aménagement stationnaire. Plusieurs services portant sur les biens appartenant au client (déneigement, rénovation domiciliaire, émondage des arbres, réparation des gros appareils électroménagers…) correspondent aussi à un aménagement stationnaire, et l'entreprise qui vend ces services doit se rendre sur place pour les réaliser. Comme l'illustrent les différents types d'aménagement retrouvés dans l'industrie de la restauration, l'aménagement des entreprises de services dépend tout autant du positionnement du service sur le marché et des considérations de marketing que des enjeux de gestion des opérations.



8.7 Synthèse du chapitre

Ce premier chapitre consacré à la conception de l'appareil de production a permis de mettre en évidence pourquoi l'on parle de *système* opérationnel : plus qu'une simple accumulation de ressources de production, le système opérationnel, pour être robuste et efficient, devrait former un tout cohérent où les décisions relatives aux produits, aux processus et à l'aménagement se soutiennent mutuellement. De plus, sa conception devrait s'appuyer sur une vision claire du positionnement de l'organisation sur les marchés qu'elle dessert, des attributs stratégiques qu'elle a choisi de prioriser et des renoncements qui résultent nécessairement de ces choix. Le désir légitime d'améliorer la performance organisationnelle sur tous les plans ne signifie pas qu'on peut tout faire en même temps.

Tout au long de la vie de l'organisation et du cycle de vie des produits, le système opérationnel sera appelé à se modifier. Mais que l'on veuille rejoindre de nouveaux marchés, introduire de nouveaux produits ou adopter de nouvelles technologies, la cible stratégique devrait toujours être claire et, surtout, cohérente avec les moyens qu'on choisit de mettre en place. Le produit et le processus sont un tandem qu'on ne peut dissocier, et si une des parties change, il faut changer l'autre. Puisque l'aménagement est lié de près au type de processus, il devrait lui aussi être réévalué. Les deux prochains chapitres permettront d'aborder d'autres aspects de la conception des systèmes opérationnels : l'organisation et l'amélioration du travail, les décisions relatives à la capacité et la gestion de la qualité.

Questions de révision

Vrai ou faux?

1.	Puisque les entreprises de services ne fabriquent pas de biens tangibles, elles n'ont pas à faire la conception des produits.	
2.	On parle de tandem produit-processus en référence au fait que les deux doivent évoluer ensemble et se correspondre mutuellement.	
3.	Lors de l'élargissement et de l'approfondissement de la gamme de produits, rechercher la synergie opérationnelle consiste à ajouter des produits qui utilisent des technologies ou des ressources de production semblables à celles qu'on possède déjà.	
4.	Si l'entreprise veut demeurer concurrentielle, elle doit chercher à produire tout ce que le marché exige.	
5.	Lorsqu'on parle de l'impact des technologies sur l'évolution des produits et des processus, on réfère aux technologies de l'information et des communications (TIC) développées depuis le début des années 1980.	
6.	Dans le cycle de vie des produits, la phase de maturité est celle où les ventes sont les plus élevées et où les pressions sur les prix sont les plus fortes.	
7.	Il y a trois aspects distincts à la standardisation : l'uniformisation des biens et services produits par l'entreprise; la réduction de la variété des pièces et composants utilisés pour la production; l'achat de pièces et de composants standards respectant les normes de l'industrie.	
8.	L'approche de conception des produits qui consiste à combiner un nombre limité de sous-assemblages standards afin de créer une large variété de produits s'appelle fabricabilité.	
9.	La norme ISO 14 001 fournit des lignes directrices aux entreprises qui veulent mettre en place un système de gestion environnementale.	
10.	La prise en compte des enjeux environnementaux lors de la conception des produits cherche essentiellement à prévoir des processus de fabrication peu polluants.	
11.	Un artisan joaillier qui, dans son atelier, fabrique des bijoux uniques en fonction des demandes des clients fait de la personnalisation de masse.	
12.	Dans les processus de type « masse en continu », le flux des produits est continu.	
13.	Si l'on observe les étudiants qui circulent au quotidien dans une université pour vaquer à leurs occupations, on devrait conclure que l'enseignement universitaire est un processus de type « masse par lot », où le flux des « produits » est discontinu.	

14.	Lors de la phase de lancement du produit, puisque la demande augmente rapidement, il faut adopter un processus de masse en continu pour que le volume de production soit suffisant.	
15.	Le processus de type atelier est le plus flexible mais aussi celui où le coût de revient est habituellement le plus élevé.	
16.	Les décisions d'aménagement sont moins importantes que le choix des produits et des processus : il est toujours possible de procéder à un réaménagement des lieux si l'on s'est trompé.	
17.	L'aménagement cellulaire favorise la polyvalence des employés et le travail d'équipe.	
18.	L'aménagement fonctionnel correspond bien aux types de processus où le flux des produits est discontinu, tels que les types *atelier* et *masse par lot*.	
19.	Le remplissage de bouteilles de détergent à vaisselle par une grande entreprise comme *Procter & Gamble* ou *Unilever* se fait très certainement à l'aide d'un processus de masse en continu et d'un aménagement linéaire.	
20.	Puisqu'il est toujours possible au client de se déplacer, on ne retrouve pas l'aménagement stationnaire dans les entreprises de services.	

Questions de discussion

1. Selon vous, à quelle phase du cycle de vie des produits se situe présentement le transport aérien des personnes? Comment cela influence-t-il la gestion des opérations dans les entreprises de ce secteur d'activité?

2. Une grande école de gestion canadienne souhaiterait appliquer à sa propre gestion les principes qu'elle enseigne à ses étudiants. On considère, entre autres, la possibilité de standardiser davantage les cours, d'en réduire le nombre et d'appliquer à l'offre de cours les principes de la conception modulaire. Qu'en pensez-vous?

3. Discutez de l'aménagement des supermarchés au regard des enjeux opérationnels de l'aménagement présentés dans ce chapitre. En quoi et pourquoi l'aménagement des supermarchés diffère-t-il de celui utilisé dans les dépanneurs?

Cas

Elixor Pharmaceuticals inc.[37]

La société Elixor Pharmaceuticals inc. est une entreprise ontarienne spécialisée dans la fabrication de médicaments dits *génériques*. Les médicaments génériques sont des copies de médicaments d'origine dont l'exclusivité n'est plus protégée par la *Loi sur les brevets*. La gamme de produits d'Elixor se compose d'une trentaine de médicaments populaires offerts en différentes doses (la dose est la quantité d'ingrédients actifs contenue dans un comprimé ou une capsule, par exemple Voladox 50 mg), pour un total de 70 produits distincts.

Le processus de fabrication

Le processus de fabrication des comprimés et des capsules comprend quatre étapes principales : la granulation, la compression (ou l'encapsulage, le cas échéant), l'enrobage/marquage, et le conditionnement. Toutes les étapes doivent être réalisées dans des conditions d'hygiène et de sécurité étroitement contrôlées. La qualité des produits fait également l'objet de nombreux contrôles, tant pendant la fabrication qu'une fois les lots complétés.

La granulation est l'étape pendant laquelle les différents ingrédients qui entrent dans la composition des médicaments sont mélangés et préparés pour la compression ou pour l'encapsulage. Les ingrédients sont soigneusement pesés et mélangés dans des mélangeurs industriels; ils sont ensuite mouillés, homogénéisés, séchés et broyés jusqu'à l'obtention de granules uniformes. L'ensemble des opérations de granulation prend, en moyenne, environ six heures. Tout l'équipement requis est regroupé dans une pièce isolée et toute la pièce doit être nettoyée de fond en comble après chaque granulation, ce qui prend de quatre à sept heures. Il y a deux ans, Elixor possédait six salles de granulation dotées de mélangeurs de tailles différentes : un mélangeur de 50 kg, deux de 100 kg, deux de 250 kg et un de 500 kg. Notons qu'on obtient en moyenne 100 000 comprimés par 50 kg de granules.

La deuxième étape consiste, selon le cas, en l'insertion des granules dans une capsule (encapsulage) ou en la compression des granules pour former un comprimé. Il y a deux ans, Elixor a acheté deux appareils de compression ultramodernes et une encapsuleuse. Ces appareils sont beaucoup plus rapides que les anciens modèles que possédait Elixor; une fois la mise en route et les ajustements effectués (ce qui prend environ quatre heures, incluant le nettoyage des appareils), il faut moins de 30 minutes pour effectuer la compression de 50 kg de granules (l'appareil fabrique de 8 000 à 12 000 comprimés par minute, selon la taille et le type de comprimés).

La troisième étape de fabrication est l'enrobage/marquage. Tous les comprimés et capsules doivent être marqués, c'est-à-dire qu'on imprime ou qu'on poinçonne sur le comprimé le nom du produit et la dose d'ingrédient actif. Dans 70 % des cas, les comprimés sont également enrobés avant d'être marqués. Cette étape consiste à recouvrir les comprimés d'un enrobage transparent ou coloré qui facilite l'identification du produit, le rend plus facile à avaler et, dans certains cas, vise à en réduire la vitesse d'absorption par le système digestif. L'entreprise possède présentement trois enrobeuses et trois sécheurs de grand format (les comprimés enrobés doivent être séchés avant d'être marqués), de même que deux appareils de marquage. Tant l'enrobage que le séchage requièrent plusieurs heures, en plus d'un temps de nettoyage d'environ une heure. Quant au marquage, il s'agit d'une étape assez rapide et dont le temps de mise en route est négligeable.

La dernière étape du processus de fabrication est le conditionnement (ou emballage). Les produits sont vendus aux pharmaciens en grands formats de 250, 500 ou 1 000 comprimés ou capsules. Il y a deux ans, Elixor a procédé à l'installation d'une chaîne de conditionnement semi-automatisée dont le temps de nettoyage et d'ajustement est d'environ deux heures.

[37] Ce cas est une adaptation de : Giroux, H. (2003). « Les produits pharmaceutiques Bionos », *Revue internationale de cas en gestion*, HEC Montréal, vol. 1, nº 1, 6 p.

Les produits finis sont mis en quarantaine jusqu'à ce que tous les tests de qualité soient réalisés et approuvés par le responsable de la qualité. Ils sont alors acheminés à l'entrepôt. La production des différents médicaments est planifiée à partir de l'état des stocks et des prévisions de ventes, plusieurs des médicaments fabriqués par Elixor étant soumis à une demande saisonnière (par exemple les antihistaminiques et les antigrippaux).

La situation de l'année dernière

Depuis quelques années, les dirigeants de l'entreprise ont investi beaucoup d'efforts pour établir des prévisions de demande qui soient les plus réalistes possible. C'est à partir de ces évaluations qu'on avait décidé du nombre de salles de granulation et de leur utilisation, de la capacité des mélangeurs, et des technologies les plus appropriées pour la compression et l'encapsulage. Au début de l'année dernière, on avait toutefois dû se rendre à l'évidence : les profits étaient supérieurs à la moyenne de l'industrie, mais les ventes n'atteignaient pas les niveaux prévus et l'usine ne fonctionnait qu'à 70 % de sa capacité. La situation inquiétait le directeur de l'usine, M. Kevin Nguyen, qui craignait qu'elle ne se traduise par des pertes d'emplois. On discutait beaucoup des problèmes de surcapacité lors des réunions hebdomadaires de gestion et plusieurs options étaient envisagées. L'une des plus prometteuses avait été proposée par le responsable des laboratoires de contrôle de la qualité, M. Djerry Thomas. Détenteur d'un doctorat en pharmacologie, M. Thomas entretenait de nombreux contacts ses anciens camarades d'université, dont plusieurs travaillaient à la recherche-développement pour des entreprises pharmaceutiques concurrentes. C'est ainsi qu'il avait appris que tant les chercheurs universitaires que bon nombre de ceux des laboratoires de R&D des multinationales cherchaient désespérément un sous-traitant capable de fabriquer dans de courts délais des lots d'essai de petites quantités de comprimés et de capsules. Comme ces lots d'essai sont utilisés pour les tests cliniques des médicaments sur des humains, les comprimés doivent être d'aussi bonne qualité et d'aussi belle apparence que ceux qui seraient éventuellement mis en marché. Il y avait donc là une occasion intéressante pour un sous-traitant capable de répondre aux besoins de ces clients, d'autant plus que les lots d'essai peuvent être vendus à un prix par kilogramme de 15 à 20 fois supérieur aux produits réguliers.

Après quelques discussions, il avait semblé évident que l'on avait tout à gagner à percer ce nouveau marché. Les étapes de fabrication des lots d'essai sont les mêmes que pour la production régulière (sauf pour le conditionnement, qui n'est pas nécessaire, les lots d'essai étant livrés en vrac) et la fabrication pourrait se faire pendant les temps morts. On avait donc chargé M. Thomas d'établir des contacts plus officiels avec des clients éventuels et de les informer de la disponibilité d'Elixor comme sous-traitant pour la fabrication de leurs lots d'essai.

Les commandes n'avaient pas tardé pas à affluer. Dès le premier lot, on avait constaté que le mélangeur de 50 kg ne pouvait pas être utilisé pour le mélange des lots d'essai, dont les quantités varient de 3 à 10 kg. Toutefois, devant le succès manifeste du projet, on n'avait pas hésité à investir 180 000 $ dans l'aménagement d'une nouvelle salle de granulation équipée d'un mélangeur de 10 kg. On trouvera à l'annexe 1 un plan sommaire de l'usine telle qu'elle était après l'ajout de la nouvelle salle de granulation. M. Thomas s'occupait lui-même du suivi de la fabrication des lots pour être certain que les exigences des clients et les délais de production étaient respectés. Les premières livraisons avaient eu lieu quelques semaines plus tard, à la plus grande satisfaction des clients.

La situation actuelle

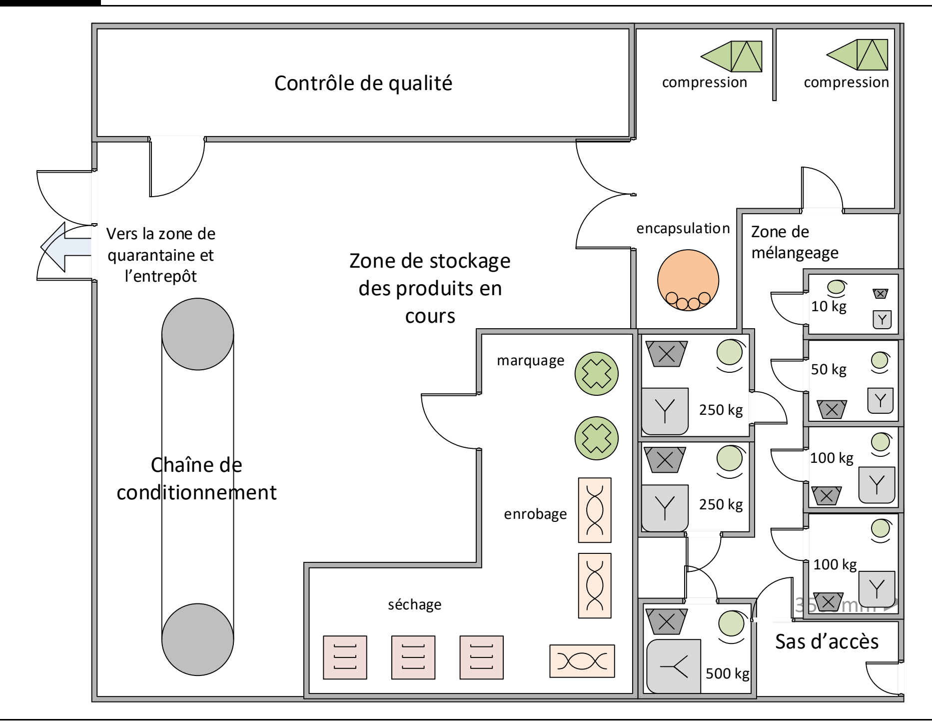
À la surprise générale, les résultats du dernier trimestre de l'année précédente sont loin d'être satisfaisants et indiquent une augmentation des coûts de main-d'œuvre. Compte tenu du contexte, on attribue cette augmentation à des problèmes de rodage et de replanification. Toutefois, la situation ne s'améliore pas : les résultats financiers du premier trimestre de l'année courante montrent une nouvelle augmentation des coûts de main-d'œuvre et des frais de livraison. Par ailleurs, plusieurs des produits réguliers d'Elixor, dont certains des produits saisonniers les plus populaires, ont vu leurs ventes baisser à la suite de ruptures de stock. Enfin, les indices de productivité (qui mesurent le nombre de comprimés fabriqués par heure-personne) sont à la baisse.

Lorsque M. Nguyen tente de discuter de la situation avec les responsables des différentes sections de l'usine, tout le monde rejette le blâme sur les autres. Selon le responsable de l'entrepôt, les pénuries ne sont pas toutes occasionnées par des problèmes de fabrication, les livraisons étant souvent retardées parce que le laboratoire de contrôle de la qualité n'a pas encore approuvé les produits finis mis en quarantaine. Les techniciens du laboratoire rétorquent que les tests sont faits dans les délais habituels mais que les résultats s'empilent sur le bureau de M. Thomas afin de recevoir son approbation. Du côté de la chaîne de conditionnement, où les temps morts ont augmenté plutôt que diminué, on dit que les lots arrivent de l'enrobage/marquage de façon irrégulière. Pourtant, les sections d'enrobage/marquage et de compression ont souvent travaillé en surtemps pour que le conditionnement n'ait pas à attendre. Les responsables de ces deux sections se plaignent de subir des pressions de la part de M. Thomas pour donner la priorité aux lots d'essai, ce qui leur occasionne, selon eux, toutes sortes de problèmes. Seule l'opération de granulation ne semble pas poser de difficulté, quoique la nouvelle salle dotée d'un mélangeur de 10 kg connaisse un taux d'utilisation très variable et imprévisible. Enfin, lorsque M. Nguyen aborde la question avec M. Thomas, ce dernier reproche aux responsables des sections leur manque d'ouverture au changement : « Ils sont trop attachés à leurs petites habitudes, dit-il. Ils ne comprennent pas quelle occasion extraordinaire représente la fabrication des lots d'essai pour Elixor, ni l'importance du facteur temps pour mes clients. »

Jusqu'à maintenant, M. Nguyen a pleinement soutenu M. Thomas, car il sait que celui-ci est débordé et, surtout, que la réussite du nouveau projet repose sur lui. Il croit que les conflits et les retards sont surtout dus à un manque de communication et de coordination entre les responsables des différentes étapes de production, puisqu'il y a des temps morts et des changements fréquents dans les plans de production. M. Nguyen convient qu'il reste encore du travail à faire pour mieux planifier la production, mais il a aussi l'impression que les responsables des différentes opérations ne mettent aucune bonne volonté à collaborer. Des conversations de corridor lui laissent croire que plusieurs sont jaloux du fait que M. Thomas est devenu une « star » dans l'entreprise et qu'il a souvent l'occasion de voyager pour négocier des ententes avec les nouveaux clients. Il se demande toutefois s'il a bien cerné les problèmes que rencontre Elixor et ce qu'il devrait faire pour redresser la situation. Il sait que les piètres résultats financiers obtenus susciteront de nombreuses questions lors de la prochaine réunion du conseil d'administration, prévue pour la semaine suivante.



Annexe 1 Plan sommaire de l'usine Elixor (2014)



Problèmes résolus

1. Identité inc.

Vous êtes VP opérations chez Identité inc., un fabricant de systèmes de sécurité fonctionnant par identification rétinienne. La demande pour les produits de sécurité ne cesse d'augmenter depuis les attentats du 11 septembre 2001, mais l'identification par la rétine demeure une technologie très coûteuse. La demande pour le produit n'est donc pas très élevée et provient surtout d'entreprises ou d'institutions qui travaillent sur des projets gouvernementaux liés à la défense nationale, ou encore qui conservent en stock des produits potentiellement dangereux. La majorité des clients d'Identité inc. ont des besoins spécifiques et l'entreprise souhaite s'adapter à leurs demandes.

1.1 Compte tenu de la description qui est faite de l'entreprise, quel type de processus et quel type d'aménagement sont probablement utilisés pour la production des systèmes d'identification par la rétine? Justifiez votre réponse.

L'équipe d'ingénierie de l'entreprise travaille depuis déjà trois mois à la conception d'un système d'identification par empreinte digitale qui pourrait être utilisé pour la sécurité domiciliaire et pour certains produits de consommation courante. Cette technologie, beaucoup moins coûteuse, représente un marché plus important et l'entreprise croit qu'en vertu de sa réputation et de son image de marque dans l'industrie de la sécurité, elle pourrait s'accaparer d'une part importante de la demande pour ce produit standard. On prévoit même des ventes de plus de 15 000 unités dès la première année sur le marché. Isabelle Nazon, responsable de la R&D chez Identité inc., croit qu'on pourra assez facilement intégrer le nouveau produit au processus de production actuel puisque la fabrication du nouveau produit utilise le même type d'équipements que ceux utilisés pour les systèmes d'identification par la rétine. Selon elle, il faudra peut-être ajouter quelques appareils de plus, mais il ne sera pas nécessaire de modifier l'aménagement.

1.2 Pensez-vous qu'Isabelle a raison? Si oui, expliquez pourquoi. Sinon, que lui recommanderiez-vous?

1.3 Sachant que vous avez déjà fait des lectures sur les prévisions de la demande, la gestion des stocks, la planification de la production et l'approvisionnement, Isabelle vous demande quel impact aurait sur tous ces éléments le fait de fabriquer des produits standards au lieu des produits personnalisés. Que pourriez-vous lui répondre?

2. Types de processus

Selon vous, quel type de processus retrouve-t-on dans les situations suivantes?

2.1 Un complexe de salles de cinéma;

2.2 La fabrication de tranches de fromage emballées individuellement (telles que les Singles de Kraft);

2.3 La succursale d'une banque.

3. Types d'aménagement

Selon vous, quel type d'aménagement retrouve-t-on dans les situations suivantes?

3.1 Une salle d'opération dans un hôpital;

3.2 Un centre d'entraînement physique (« gym »);

3.3 Un terrain de golf;

3.4 Un grand salon de coiffure.

Problème non résolu

Trophées Audette inc.

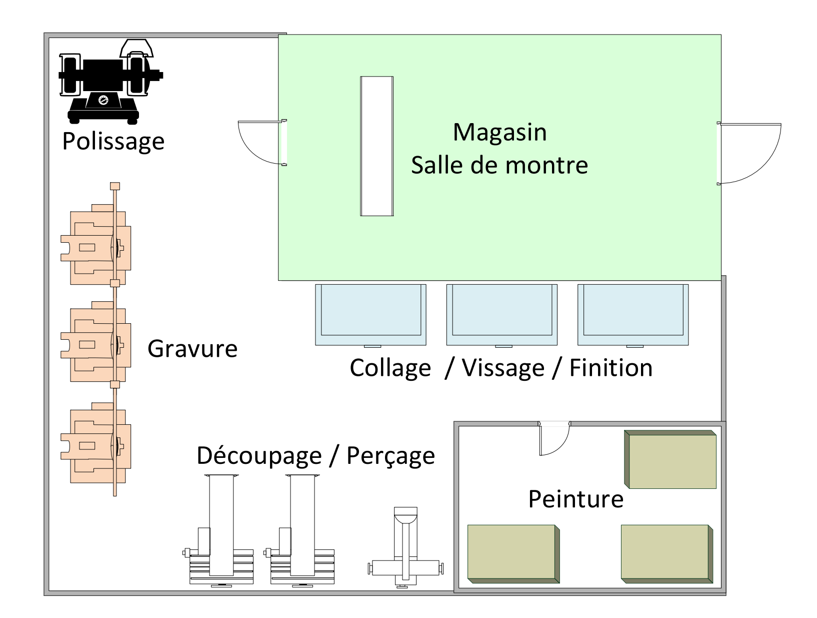
Vincent Audette est le président-fondateur de Trophées Audette inc., une petite entreprise spécialisée dans la fabrication et la vente au détail de trophées, de plaques de reconnaissance et d'articles promotionnels comprenant des pièces de métal gravées. Les principaux clients de l'entreprise sont les clubs sportifs, les associations et les écoles, de même que les entreprises qui souhaitent souligner le bon travail d'un employé. Dans le cas des trophées et des plaques de reconnaissance, les commandes sont souvent pour un seul produit ou pour un lot de quelques unités seulement; pour les articles promotionnels, on peut atteindre des lots d'une centaine d'unités, rarement plus. Compte tenu de la nature des produits, la gravure est faite uniquement sur commande. Au total, l'entreprise fabrique annuellement environ 15 000 articles gravés.



L'entreprise achète les trophées et les articles promotionnels tout faits et prêts à graver. Dans le cas des plaques de reconnaissance, qui se vendent plus cher et constituent son produit principal, M. Audette a une entente avec un menuisier qui lui livre des lots de supports en bois de différents formats, de différentes essences de bois et de divers finis. Les employés de M. Audette fabriquent les plaques de métal qui y seront apposées. Les plaques sont taillées dans des feuilles de métal, selon la forme et le format spécifiés par le client. Dans certains cas, la plaque doit subir de multiples étapes de gravure et de coloration (par exemple lorsqu'il faut y graver le logo de l'entreprise et que ce dernier est multicolore), pour être ensuite polie. Le nom du récipiendaire et le texte d'accompagnement sont ensuite gravés à la machine. Certaines plaques doivent alors retourner au polissage. La plaque métallique est ensuite collée ou vissée au support. Il peut arriver qu'on colle aussi une photo laminée du récipiendaire.

Lorsque toutes les matières sont en stock, le délai moyen entre la commande et la livraison est de quatre à cinq jours, mais la réalisation de certains produits peut prendre jusqu'à deux semaines. Toutefois, il arrive souvent que des clients aient attendu jusqu'à la dernière minute et demandent une livraison en un ou deux jours. Lorsque c'est possible, M. Audette essaie de satisfaire ces clients pressés.

Ce schéma présente l'aménagement actuel de l'entreprise :



1.1 Analysez le positionnement de l'entreprise sur son marché et les attributs stratégiques que M. Audette a choisi de privilégier. À quel type de processus cela correspond-il?

1.2 Selon le schéma fourni, quel est le type d'aménagement de cette entreprise? Cet aménagement vous semble-t-il approprié? Pourquoi (ou pourquoi pas)?

1.3 En analysant les ventes de l'entreprise pour les trois dernières années, le fils de M. Audette, étudiant en gestion, a trouvé que pour plus de 20 % des commandes de plaques de reconnaissance, les clients demandent une plaque métallique rectangulaire de couleur or déjà disponible en trois formats standards, et le montage de cette plaque sur un simple support rectangulaire en chêne verni.

1.3.1 Comment M. Audette pourrait-il utiliser cette information pour améliorer la performance de son entreprise, tant en matière d'efficacité qu'en matière d'efficience?

1.3.2 Quelles modifications concrètes devra-t-il apporter au processus actuel pour profiter de cette opportunité?

1.3.3 Ces changements auront-ils une influence sur l'aménagement? Sinon, pourquoi? Si oui, laquelle?

1.4 M. Audette a reçu récemment un appel à soumission d'une grande association qui souhaite acheter 12 000 plaques identiques, et cette commande pourrait se répéter à chaque année pour les quatre prochaines années. M. Audette songe sérieusement à présenter une soumission pour obtenir ce contrat.

1.4.1 Croyez-vous que Trophées Audette inc. serait en mesure de réaliser ce contrat tout en continuant à desservir sa clientèle actuelle?

1.4.2 Pensez-vous que M. Audette devrait présenter une soumission? Que feriez-vous, à sa place? Analysez bien les pour et les contre.

1.4.3 Si l'on obtient le contrat, l'aménagement actuel sera-t-il toujours approprié? Si oui, pourquoi? Sinon, que devrait-on modifier?



9 L'organisation et l'amélioration du travail – La gestion de la capacité

Objectifs d'apprentissage

À la fin de ce chapitre, vous devriez être capable :

- d'expliquer en quoi consiste l'organisation du travail et quels sont ses objectifs;
- de schématiser un processus simple à l'aide d'un graphique d'opérations et d'un graphique de cheminement;
- d'analyser un processus simple en utilisant la méthode interrogative, de proposer des améliorations et d'en analyser les impacts possibles;
- d'expliquer l'importance de la mesure du travail et de choisir les méthodes de mesure appropriées à chaque situation;
- de calculer le temps standard à partir de données obtenues par chronométrage;
- de décrire les avantages et inconvénients liés à la division du travail;
- de calculer la cadence et le temps de cycle des étapes d'un processus séquentiel, d'identifier correctement le goulot d'étranglement et de mettre en application les principes de base de l'organisation de ce type de processus;
- d'expliquer la notion de capacité et la différence entre la capacité de conception et la capacité réelle;
- de dégager les principaux éléments susceptibles d'influencer la capacité d'un système opérationnel (entre autres, le phénomène d'apprentissage, la variété de produits et la taille des lots fabriqués) et d'évaluer leur impact;
- de faire ressortir les enjeux relatifs aux décisions de capacité et les options disponibles à court, moyen et long terme.

9.1 La notion d'organisation du travail

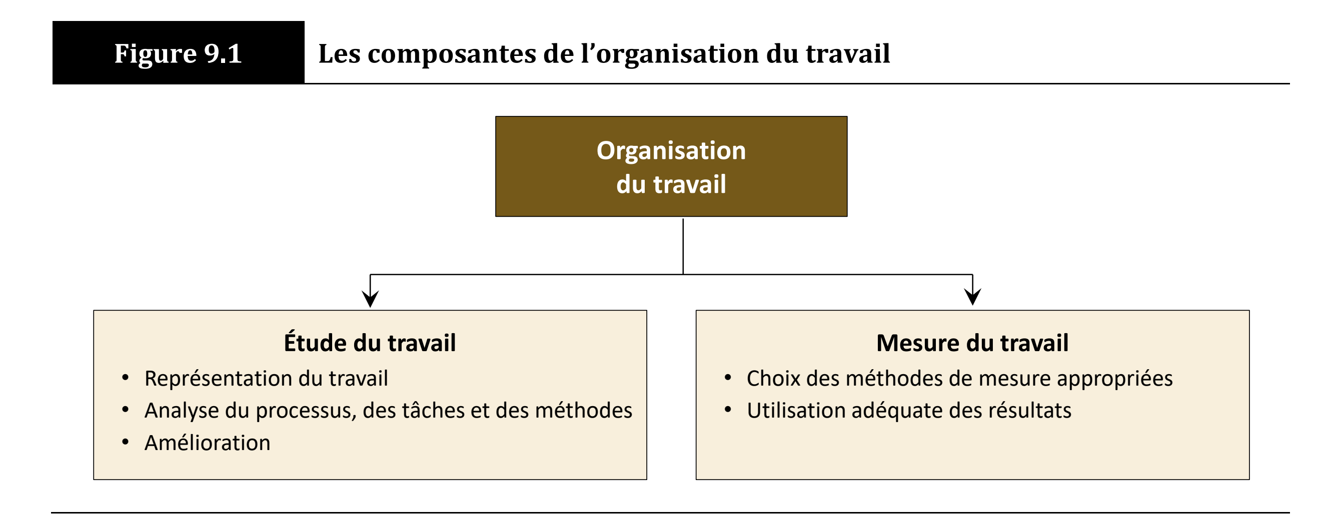
L'organisation du travail est la dernière étape de la mise en place des processus. C'est à ce moment qu'on détermine le contenu de chacune des activités à réaliser (quoi faire) et qu'on précise les méthodes qui seront utilisées (comment faire). Le travail, quel qu'il soit – industriel ou de service, administratif ou de production – y est analysé et organisé de manière détaillée, en prenant en compte une variété de facteurs :

- l'obtention d'un produit ou d'un service qui possède les caractéristiques de qualité définies par l'organisation;
- la réduction du temps requis pour réaliser le travail ainsi que du temps total du cycle de réalisation, et ce, de manière à obtenir une capacité suffisante pour respecter les délais et minimiser les temps d'attente;
- la réduction des activités sans valeur ajoutée et des gaspillages de toute sorte, de manière à diminuer les coûts d'opération et à améliorer la productivité;
- la possibilité pour les employés de réaliser les tâches à faire de manière sécuritaire, tout en minimisant l'effort et le stress;
- la possibilité pour les employés de réaliser un travail plus riche et plus valorisant, et de développer leurs compétences;
- l'obtention du degré de flexibilité nécessaire à l'atteinte des objectifs de l'organisation;
- la réduction des risques éthiques et environnementaux.

L'organisation du travail trouve ses racines dans les travaux de F. W. Taylor qui, au tout début du XXe siècle, a introduit la notion d'organisation scientifique du travail. Malheureusement, cette notion a engendré des excès qui l'ont amenée à être rejetée comme abusive et dépassée. De nos jours, l'organisation du travail s'appuie sur plus de cent ans de recherche en management et est utilisée de manière beaucoup plus nuancée. Comme l'indique la liste précédente, elle tient compte d'une variété de facteurs et d'enjeux économiques, humains et sociétaux. De plus, elle s'insère dans des démarches plus larges d'amélioration des processus et de la performance auxquelles les employés sont appelés à participer de plein droit. Le taylorisme impliquait non seulement une division technique du travail mais aussi une division hiérarchique, selon laquelle les décisions d'organisation du travail devaient être prises par les gestionnaires et les ingénieurs puis imposées aux travailleurs; on sait maintenant que ceux qui réalisent les tâches ont les compétences requises pour proposer des améliorations et que les changements décidés de cette manière ont davantage de chances de succès.

Tel qu'illustré à la figure 9.1, l'organisation du travail comporte deux parties, l'étude du travail et la mesure du travail, qui feront l'objet des prochaines sections.

Figure 9.1 **Les composantes de l'organisation du travail**



9.2 En quoi l'organisation du travail et la capacité sont-elles importantes pour moi?

Si je travaille en :

- **gestion des ressources humaines**, j'aurai à collaborer aux démarches d'organisation du travail pour valider que les tâches et les méthodes respectent les règles de santé et de sécurité au travail et sont propres à assurer le bien-être des employés. Je verrai aussi à ce qu'on tienne compte de l'élargissement et de l'enrichissement des tâches, ainsi que du développement des compétences (rotation des postes, équipes semi-autonomes, etc.). L'organisation du travail aura également un impact sur les descriptions de tâches et les exigences d'emploi aux fins de dotation. Elle peut aussi avoir un impact sur la rémunération (établissement des échelles en fonction de la complexité des tâches, calcul des primes au rendement ou rémunération à la pièce), ainsi que sur les mesures de performance individuelle liées à l'obtention de la permanence ou de promotions. Enfin, les décisions en matière de capacité auront des conséquences directes sur les embauches et le nombre d'employés à gérer;

- **comptabilité et finance**, les données provenant de la mesure du travail se traduiront par l'établissement du temps standard, lequel servira à calculer le coût de revient standard. Ces valeurs standardisées sont régulièrement utilisées pour préparer les budgets et réaliser ensuite le suivi budgétaire. Il est donc essentiel de comprendre d'où vient le temps standard et comment il est établi. Je pourrais aussi avoir à réaliser les analyses financières liées à divers projets d'amélioration des processus et des méthodes de travail, particulièrement si ces projets entraînent l'automatisation de certaines tâches ou l'achat d'équipement. Les projets d'augmentation de la capacité ont souvent un impact sur les standards établis et requièrent aussi des analyses comptables et financières;

- **marketing**, la connaissance du coût de revient, calculé à partir du temps standard, sera nécessaire pour établir le prix de vente minimal des produits et des services. Si je travaille dans une entreprise de services, j'aurai à recueillir et à transmettre les informations sur les préférences des clients quant au processus de service; ces informations influenceront l'organisation du travail puisque dans ces entreprises, les opérations peuvent être réalisées en tout ou en partie en présence du client, et requérir sa participation. J'aurai aussi à transmettre les projections de demande à long terme qui seront à la base des décisions de capacité;

- **gestion des systèmes d'information en gestion**, je devrai gérer les besoins en information lors de différentes phases liées à l'amélioration des processus et à l'augmentation de la capacité;

- **gestion des opérations et de la logistique**, j'aurai moi-même à réaliser des études et des mesures du travail, de même que des analyses des besoins en capacité. Pendant la démarche d'amélioration, je devrai m'assurer que l'organisation du travail réponde le mieux possible aux cibles visées pour chacune des variables stratégiques de l'organisation. Je devrai aussi voir à ce que les changements apportés perturbent le moins possible le bon fonctionnement de l'organisation, et je prendrai les moyens nécessaires pour remédier aux éventuels problèmes.

De plus, au-delà de l'organisation des activités de production, chaque fonction de l'organisation peut utiliser les principes et méthodes de l'étude du travail pour analyser, améliorer et, au besoin, mesurer les activités réalisées à l'intérieur même de la fonction. Par exemple, on pourrait effectuer une étude des méthodes employées pour faire la conciliation bancaire, pour traiter les dossiers d'embauche du personnel, pour développer de nouvelles applications logicielles ou pour traiter les ventes, puis chercher à les améliorer.

9.3 L'étude du travail

Tel qu'indiqué à la figure 9.1, l'étude du travail inclut trois grandes catégories d'activités : la représentation du travail; l'analyse du processus, des tâches et des méthodes; l'amélioration.

La représentation du travail

Dès que le travail qui fait l'objet d'une étude est un tant soit peu complexe, il est nécessaire de le représenter graphiquement pour être en mesure de bien l'analyser. Au cours du dernier siècle, différents groupes professionnels ont proposé des modèles de représentation du travail répondant à leurs besoins particuliers. Par exemple, pour faire l'analyse des processus d'affaires dans le but éventuel de les informatiser, les spécialistes de la gestion des systèmes d'information ont développé, entre autres, les notations UML (*Unified Modeling Language*) et BPMN (*Business Process Model and Notation*). Les ingénieurs industriels ont aussi élaboré plusieurs formes de représentation des opérations, dont SysML (*Systems Modeling Language*). Chacune de ces notations présente des avantages et des limites; le choix d'une notation dépend de l'usage qu'on veut en faire et du contexte de son utilisation (par exemple, quelle est la notation utilisée dans l'organisation où l'on travaille).

Il peut sembler fastidieux de représenter graphiquement le travail en utilisant une notation standardisée, mais il s'agit d'une étape essentielle de l'étude du travail et qui joue plusieurs rôles :

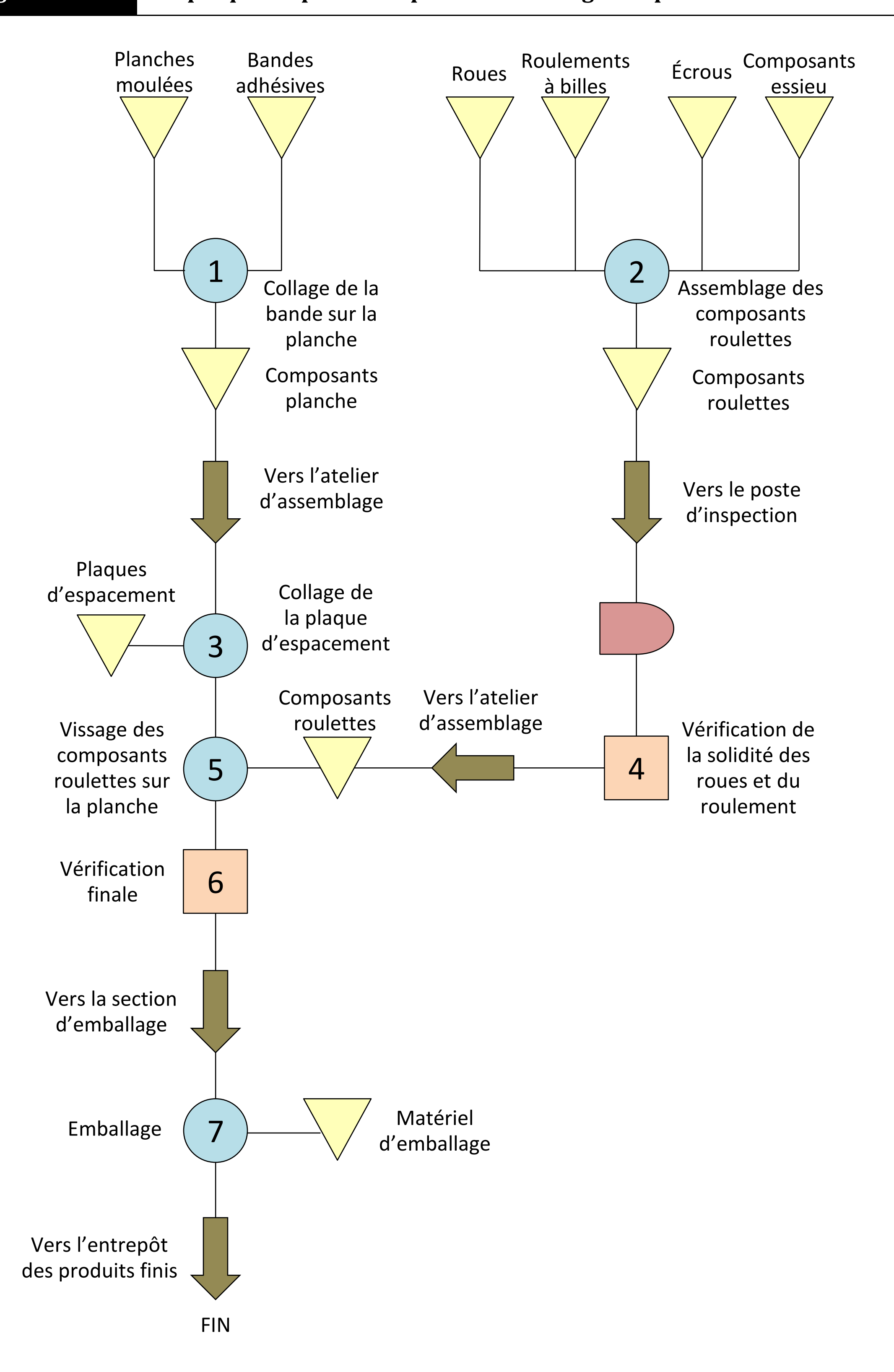
- Elle assure que l'analyste, ou toute personne impliquée dans la démarche d'étude du travail, a bien compris le processus actuel avant de suggérer des améliorations. En effet, pour être en mesure de représenter le travail, il faut d'abord l'avoir bien observé, avoir posé des questions, puis comprendre comment les étapes sont reliées entre elles et quel est le chemin suivi par les produits, par les informations ou par les clients eux-mêmes (dans le cas des entreprises de services). Ce n'est pas tant la représentation finale qui importe que la démarche de recherche des informations. On ne saurait penser à modifier un processus sans d'abord l'avoir bien compris;
- La démarche est aussi une occasion de communication et de collaboration entre l'analyste et les employés concernés, ou entre les différents employés qui réalisent les activités formant le processus. Par exemple, on suggère de faire faire la démarche de représentation des opérations par les employés eux-mêmes; cet exercice leur permet de prendre davantage conscience des étapes du travail qu'ils effectuent, des liens entre leur travail et celui de leurs collègues et de l'impact de leur travail sur la réalisation du produit final;
- Le simple fait de devoir représenter graphiquement les processus permet souvent de faire ressortir des lacunes qui pourront se transformer en suggestions d'améliorations;
- La représentation formelle des processus en utilisant une notation standardisée permet aussi de transmettre l'information entre différents intervenants (ingénieurs, développeurs d'applications logicielles, autres usines de la même entreprise, etc.). C'est un langage commun compris par tous.

Un des systèmes de notation les plus simples, mais qui permet facilement de représenter le travail, est composé des symboles présentés à la figure 9.2. Ce système de notation a été développé par l'ASME (*American Society of Mechanical Engineers*).

Figure 9.2 La notation utilisée pour la représentation des opérations

	Le cercle représente une activité ou une tâche qui contribue à la réalisation du produit ou du service.		Ce symbole représente un délai, un temps d'attente faisant partie du processus.
	La flèche représente un transport, une manutention, un déplacement d'un lieu à l'autre du produit, de l'employé ou du client.		Le carré représente un point de contrôle, une inspection, une vérification.
	Le triangle inversé représente un point de stockage		Le losange représente une alternative, une décision qui amène le processus à prendre des voies différentes selon le cas. Il est fréquemment utilisé dans les processus de service.

Figure 9.3 **Graphique d'opérations pour l'assemblage des planches à roulettes**



À partir de ces symboles, on peut représenter la succession des étapes qui forment le processus et obtenir ainsi un graphique d'opérations (ou diagramme d'opérations). Par exemple, l'assemblage des planches à roulettes dont la structure est présentée à la figure 5.4 du chapitre 5 pourrait être représenté par le graphique d'opérations de la figure 9.3. Il est important de noter qu'il y a une certaine part d'interprétation dans la préparation du graphique d'opérations. Par exemple, à la figure 9.3, on aurait pu considérer que les stocks de composants (composants planche et composants roulettes) sont en fait des étapes d'attente. On les aurait alors représentées par le symbole « D » plutôt que par le triangle inversé. Ainsi, les graphiques réalisés peuvent varier un peu d'un analyste à l'autre.

Comme on le voit, le graphique d'opérations permet de visualiser chacune des étapes du processus, l'ordre de réalisation des étapes, de même que les étapes réalisées en parallèle et à quel moment les branches du processus se rejoignent[38]. Les symboles permettent aussi de voir d'un coup d'œil s'il y a beaucoup de déplacements, de points d'inspection ou de moments d'attente.

Dans le cas des entreprises de services où le client fait partie intégrante du processus opérationnel (par exemple dans un restaurant), on utilisera souvent une version différente du graphique d'opérations qui permettra de distinguer et de présenter en parallèle les activités qui sont réalisées par le client lui-même (par exemple se diriger vers sa table, consulter le menu…), les opérations réalisées par les prestataires de service en présence du client (prendre la commande, servir les plats…) et les opérations réalisées en arrière-scène sans que le client puisse voir ce qui se passe (la préparation des plats, la plonge…). De plus, on utilisera davantage le losange, qui symbolise une alternative (Le client a-t-il réservé ou pas? Prend-il un dessert ou non? Paie-t-il comptant ou par carte de crédit?...) menant à des opérations ou des activités différentes selon le cas.

Une autre forme de représentation est le graphique de déroulement. Il reprend la notation utilisée pour le graphique d'opérations mais les étapes sont maintenant représentées sous la forme d'un tableau (voir la figure 9.4). Comme on peut le voir, le graphique de déroulement est plus synthétique et prend moins d'espace que le graphique d'opérations, tout en permettant d'ajouter des informations telles que la durée des opérations et la distance des déplacements. Il est aussi utile pour faire ressortir la fréquence des étapes sans valeur ajoutée (transports, attentes, stockages temporaires) et le fait que le flux des opérations de transformation est plus ou moins fréquemment interrompu par des opérations sans valeur ajoutée. Par contre, il ne permet pas de visualiser la succession des étapes aussi clairement que le graphique d'opérations, et en particulier les étapes ou les segments de processus réalisés en parallèle. Le graphique de déroulement est surtout utilisé pour analyser de manière détaillée un segment particulier d'un processus.

[38] Notons que de nombreux logiciels facilitent maintenant la préparation du graphique d'opérations et des autres formes de représentation du travail. Par exemple, le graphique de la figure 9.3 a été réalisé en utilisant le modèle « diagramme TQM » du logiciel Visio, dans la suite Microsoft Office. Le plan de la figure 9.5 a été dessiné en utilisant la fonction « plan » de Visio.

Figure 9.4 Graphique de déroulement pour l'assemblage et l'acheminement des composants roulettes

Graphique de déroulement

Processus :
Assemblage et acheminement des composants roulettes (processus actuel)
(sous-processus de l'assemblage des planches à roulettes)

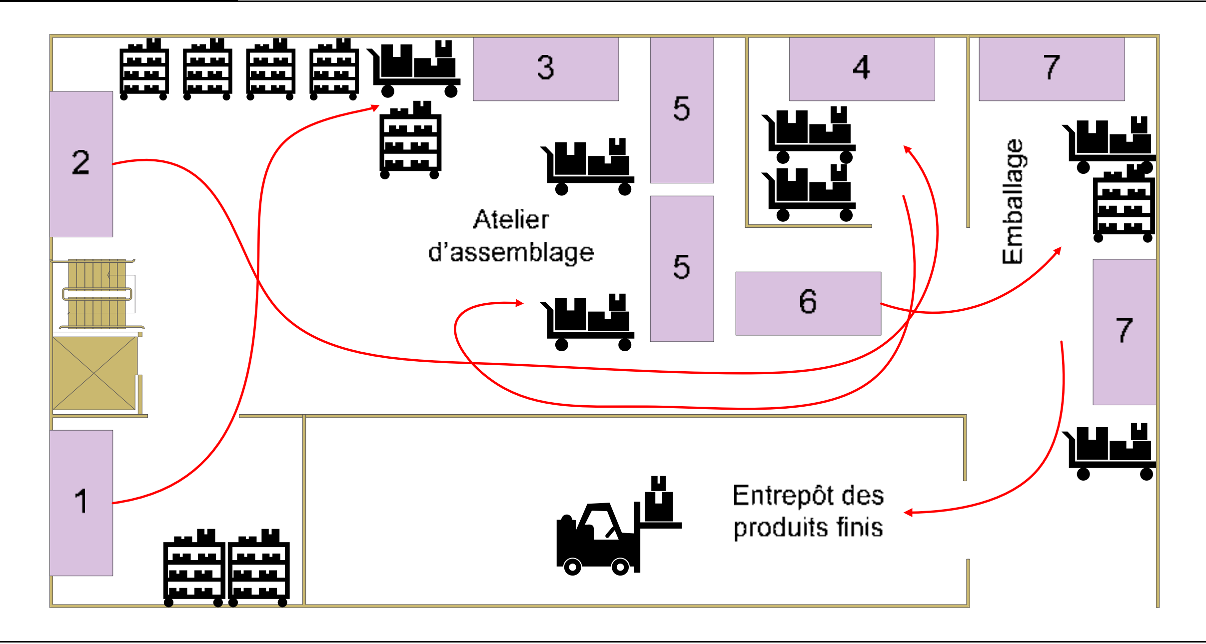
Réalisé par : Tuyva Chan — Date : 6 mars 20XX — Page : 1 de 1

	Description des étapes	Symboles des étapes : Opération	Transport	Contrôle	Délai	Stockage	Durée en min.	Distance en mètres
	Stock de roues					X		
	Stock de roulements à billes					X		
	Stock d'écrous					X		
	Stock de composants essieu					X		
#2	Assemblage des composants roulettes	X					1,15	
	Stock temporaire de composants roulettes (lots de 30)					X	40	
	Transport vers le poste d'inspection (lots de 30)		X				0,80	20 m.
	Attente de l'inspection (lots de 30)				X		15	
#4	Vérification de la solidité des roulettes et du roulement (une unité sur deux, pour un lot de 30)			X			24,75	
	Transport vers l'atelier d'assemblage (lots de 30)		X				0,60	15 m.
	Stock de composants roulettes					X		
	TOTAL	**1**	**2**	**1**	**1**	**6**		**35 m.**

Légende :
Opération — Transport — Contrôle — Délai — Stockage

Une troisième forme de représentation souvent utilisée est le graphique de cheminement (ou diagramme de circulation). Ce graphique permet de mettre en évidence les déplacements dans l'espace des produits en cours, des employés ou des clients, selon ce qu'on cherche à étudier. Il sert souvent de point de départ aux études d'aménagement, alors qu'on cherchera à mieux utiliser l'espace disponible de même qu'à diminuer les déplacements inutiles et les risques d'accident. La figure 9.5 montre à quoi pourrait ressembler l'aménagement du site d'assemblage des planches à roulettes (note : les chiffres correspondent aux opérations de la figure 9.3). Les flèches rouges représentent le déplacement des produits en cours et permettent de constater que ces derniers ne se déplacent pas de façon fluide; il y a des retours en arrière et des croisements qu'une étude du travail chercherait probablement à éliminer, et ce, pour réduire les distances parcourues et les risques d'accident.

Figure 9.5 **Graphique de cheminement pour l'assemblage des planches à roulettes**



Notons qu'il existe de nombreuses autres formes de représentation du travail, en fonction de ce qu'on cherche à mettre en évidence (flux des matières, transfert de documents d'une section à l'autre, activités parallèles d'un humain et d'une machine, activités d'un employé ou d'un groupe d'employés opérant simultanément plusieurs machines ou servant simultanément plusieurs files de clients, mouvements simultanés réalisés par différentes parties du corps, etc.).

L'analyse du processus, des tâches et des méthodes

Une fois qu'on a représenté le processus qu'on veut étudier de manière exacte et complète, on peut ensuite en faire l'analyse. Définissons d'abord les termes utilisés :

- Le terme *processus*[39] désigne un ensemble d'activités ou de tâches distinctes mais interreliées, et qui ont pour but de réaliser un produit (bien ou service) ou d'atteindre un objectif précis. Par exemple, la figure 9.3 montre le processus d'assemblage des planches à roulettes, qui se compose de plusieurs activités (différentes opérations, inspections, déplacements…);
- L'*activité* ou la *tâche* est un bloc de travail distinct qui conduit à un résultat précis et bien circonscrit : la bande adhésive est collée sur la planche, le composant roulettes est vissé, les matières sont transportées du point A au point B, etc. En contexte industriel, une activité ou une tâche est habituellement rattachée à un poste de travail;

[39] Il faut prendre garde de confondre les mots *processus* et *procédé*. Un processus est une suite d'étapes, alors qu'un procédé est une méthode précise pour arriver à un résultat. Un *processus industriel* inclut l'ensemble des étapes de fabrication d'un produit ou d'un composant complexe, alors qu'un *procédé industriel* est la manière particulière dont une étape est réalisée (par exemple le procédé Kraft pour la fabrication du papier, ou le vissage d'une pièce à l'aide d'un appareil donné). La confusion vient du fait que les deux termes sont traduits en anglais par le mot *process*.

- La *méthode* est la manière particulière dont une tâche ou une activité est réalisée. Par exemple, le déplacement des produits en cours d'un endroit à l'autre peut se faire en les transportant à la main, en les mettant sur des chariots, en les plaçant sur différents types de convoyeurs, etc. Le vissage des composants roulettes peut être fait de manière plus ou moins automatisée, en utilisant différents types d'équipements, en vissant les deux composants l'un après l'autre ou simultanément, etc.

L'étude du travail peut chercher à revoir le processus dans son ensemble, mais aussi ne porter que sur une activité ou une méthode en particulier. La portée de l'étude dépend des objectifs visés : veut-on simplement régler un problème lié à une étape spécifique? Évaluer la pertinence d'adopter une nouvelle méthode? Améliorer l'ensemble du processus pour le rendre plus efficace ou efficient?

Une manière simple mais efficace d'amorcer l'analyse du travail est la méthode interrogative qui, comme son nom l'indique, consiste à remettre en question chacune des étapes d'un processus :

- **Quoi :** Pourquoi cette étape est-elle effectuée? Est-elle vraiment nécessaire? Que se passerait-il si on l'éliminait?
- **Quand :** À quel moment cette étape est-elle réalisée (par rapport au processus dans son ensemble)? Pourquoi est-elle faite à ce moment? Gagnerait-on à la faire plus tôt ou plus tard dans le processus? Pourrait-on et devrait-on la combiner à une autre étape?
- **Comment :** Comment cette étape est-elle effectuée? Pourquoi est-elle réalisée de cette façon? Y a-t-il des méthodes plus simples, plus standardisées, plus automatisées, plus efficaces ou plus efficientes? Ou encore des méthodes moins pénibles, moins dangereuses, moins énergivores ou générant moins de déchets? Pourrait-on et devrait-on utiliser une autre méthode?
- **Qui :** Qui réalise cette étape? Devrait-elle être réalisée par une autre catégorie d'employés?
- **Où :** À quel endroit cette étape est-elle réalisée (dans les lieux de travail)? Pourquoi est-elle faite à cet endroit? Pourrait-on et devrait-on la faire ailleurs?

Même si cette méthode d'analyse peut sembler simpliste, elle est en fait très efficace si elle est utilisée de manière systématique et rigoureuse. En effet, l'expérience montre qu'une grande partie des pertes d'efficacité et d'efficience vient de décisions qui étaient justifiées quand on les a prises mais qui, avec le temps et au fil des changements, sont devenues obsolètes; elles peuvent venir aussi d'habitudes de travail sur lesquelles on n'a jamais pris le temps de s'interroger. La remise en question est la clé de l'amélioration.

L'amélioration

Dans bien des cas, le simple fait de faire l'effort de comprendre toutes les étapes du travail et de les remettre systématiquement en cause suffit à faire émerger des idées d'amélioration. Les employés qui font le travail depuis longtemps ont parfois déjà des suggestions à formuler si on les écoute et si on leur fait confiance. Néanmoins, un analyste qui vient de l'extérieur peut apporter des idées nouvelles auxquelles l'habitude empêche de penser.

Les améliorations peuvent porter sur les processus et sur les méthodes de travail, mais elles peuvent aussi chercher à réduire les gaspillages de toutes sortes. Par exemple, on peut entreprendre une démarche d'amélioration centrée sur la réduction des matières : réduction des pertes de matières lors de la fabrication ou des mises en route, réduction des stocks de produits en cours, réduction des déchets dus aux produits défectueux, élimination du suremballage, réduction des stocks de matières premières et de produits finis par la liquidation ou le recyclage des articles obsolètes, réduction des stocks dus à la surproduction, etc. Il est aussi possible de s'attaquer spécifiquement aux déplacements inutiles, aux espaces inutilisés ou mal utilisés, ou encore aux temps d'attente (des produits ou des clients) entre les étapes du processus. Enfin, d'autres approches s'intéressent au désordre sur les lieux de travail et cherchent à réaménager les postes de travail pour les rendre plus fonctionnels et plus sécuritaires. Ces démarches d'amélioration s'inscrivent souvent dans des approches structurées telles que l'approche *Lean* (ou production allégée), mais elles peuvent très bien être amorcées de manière indépendante, selon les besoins de l'organisation. Ici encore, la participation des employés est essentielle.

On constate souvent que, même si l'on a de bonnes idées d'amélioration, le bât blesse quand vient le temps de les mettre en œuvre. S'il est vrai qu'il peut être difficile de changer les habitudes de travail et qu'il faut faire preuve de persévérance, les problèmes proviennent souvent d'une évaluation incomplète des impacts possibles du changement. Ici encore, un questionnement systématique est la meilleure manière d'éviter des erreurs :

- **L'impact sur les objectifs :** En quoi le changement proposé améliore-t-il l'atteinte des cibles de l'organisation en ce qui a trait aux variables stratégiques? Aura-t-il un impact sur la qualité des produits ou des services? Sur les délais? Sur le volume de production? Sur la flexibilité? Permettra-t-il de réduire le prix de vente ou d'augmenter la marge de profits, si l'on considère dans le calcul l'ensemble des coûts liés à l'amélioration? Pourra-t-on mieux desservir la clientèle visée? Si le changement ne contribue pas à l'atteinte des objectifs stratégiques, pourquoi devrait-on le faire?

- **L'impact sur le processus :** En quoi le changement proposé à certaines étapes du processus peut-il avoir un impact sur les autres étapes? Est-il possible qu'en améliorant une étape, on crée des problèmes aux étapes en amont ou en aval?

- **L'impact sur les personnes :** En quoi le changement proposé transforme-t-il le travail ou les conditions de travail des employés? À qui ce changement profite-t-il et à qui nuira-t-il? Par exemple, certains employés auront-ils une charge de travail plus élevée? Un travail moins intéressant ou plus exigeant? Un apprentissage important à faire? Le changement générera-t-il de l'insécurité chez les employés, qui perdront leurs repères habituels et leur sentiment de compétence? Quel sera l'impact sur la santé et la sécurité au travail? Y aura-t-il des pertes d'emploi? Des déclassements? Le changement implique-t-il une redistribution du pouvoir ou du statut parmi les différentes catégories d'employés? Peut-il avoir des incidences sur la rémunération ou sur les possibilités d'avancement? Au final, les gains attendus justifient-ils ces impacts? Si oui, comment va-t-on faire pour contourner ou compenser les inconvénients, et pour convaincre les employés désavantagés d'adopter le changement?

- **L'impact sur les matières :** En quoi le changement proposé peut-il avoir un impact sur les matières ou l'équipement utilisés, ou encore sur les sources d'approvisionnement? Force-t-il la réouverture des contrats d'achat actuels? Quel sera le coût de ces impacts?

- **L'impact sur le fonctionnement courant :** L'implantation du changement aura-t-elle un impact temporaire sur les opérations courantes? Si oui, comment va-t-on y pallier? Devrait-on avoir deux processus parallèles jusqu'à ce que le nouveau processus soit rodé?

- **L'impact sociétal :** Le changement permet-il à l'organisation de réduire son empreinte environnementale? Risque-t-il d'entraîner ou d'encourager des pratiques peu éthiques? Fait-il perdre des emplois? Crée-t-il de la richesse pour la société? Se fait-il au mépris du bien-être des personnes?

- **Les effets pervers possibles :** Le changement risque-t-il d'engendrer des effets pervers dont les conséquences peuvent être néfastes pour les différentes parties prenantes de l'organisation? Pourrait-il encourager des comportements nuisibles?

Il ne s'agit pas ici de chercher des raisons de ne pas apporter d'améliorations. Il est normal que le changement vienne perturber l'ordre établi, et qu'il puisse entraîner des inconvénients. Il faut simplement bien peser le pour et le contre avant d'agir, et faire les arbitrages nécessaires de manière à éviter des erreurs coûteuses. De plus, une analyse complète des impacts possibles permet de prévoir les difficultés qui peuvent survenir et de se préparer à y faire face. Lorsque c'est possible, un projet pilote ou autre essai à petite échelle peut être utile avant de prendre une décision finale.

9.4 La mesure du travail

La mesure du travail consiste à établir le temps requis pour effectuer chacune des tâches ou des activités, ou encore à calculer la proportion du temps de travail consacrée à leur réalisation. Il existe différentes méthodes de mesure et différentes raisons de mesurer le travail, tel qu'on le verra dans cette section.

Les méthodes de mesure

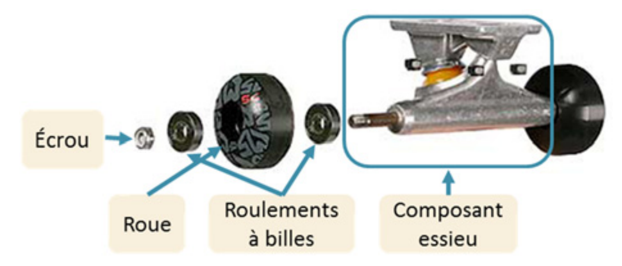
La méthode par chronométrage

Cette méthode de mesure est celle qui représente le mieux le temps requis pour effectuer chaque tâche, puisqu'elle résulte de l'observation directe du travail et du chronométrage du temps requis pour le réaliser. Elle permet de calculer ce qu'on appelle le **temps standard**, lequel est utilisé pour déterminer le coût de revient des produits et services, de même que la capacité du système opérationnel. Le temps standard est le temps que prend un employé moyen dans des conditions normales (c.-à-d. sans stress particulier) pour exécuter une tâche, en incluant une provision pour la fatigue et les arrêts normaux.

La méthode par chronométrage comporte plusieurs étapes :

Étape 1 – Le découpage de la tâche

Selon l'usage qu'on veut en faire, on peut chronométrer la tâche au complet du début à la fin, ou encore découper la tâche en éléments plus petits et mesurer le temps requis pour effectuer chaque élément de la tâche. Le découpage est particulièrement utile si l'on cherche à améliorer les méthodes de travail : il permet d'identifier les étapes les plus longues et d'évaluer l'impact des améliorations sur le temps total. Chaque élément de tâche doit avoir un début et une fin bien identifiés et observables (il faut savoir quand démarrer et quand arrêter le chronomètre), et respecter la logique du travail effectué. De plus, le découpage doit être assez fin pour permettre l'analyse, tout en demeurant pratique et mesurable (par exemple, si l'activité est trop courte, il peut être difficile d'en mesurer la durée). Le niveau de décomposition à choisir dépend de la nature de la tâche et des objectifs de l'étude.



Reprenons l'exemple des planches à roulettes et considérons l'assemblage des composants roulettes. Sur le graphique d'opérations de la figure 9.3, cet assemblage était représenté comme une activité complète, mais si l'on considère la structure du composant roulettes, on peut penser que l'opération d'assemblage comporte plusieurs éléments : insérer le premier roulement à billes, insérer la roue, insérer le deuxième roulement à billes, insérer l'écrou, serrer l'écrou (puis répéter ces étapes pour la deuxième roue). Selon la méthode utilisée, on doit aussi commencer par saisir le composant essieu pour y ajouter les pièces, puis déposer le composant assemblé dans un bac ou sur un chariot de produits en cours.

Étape 2 – La détermination du nombre de mesures

L'analyste doit déterminer le nombre de mesures qui seront effectuées. Si la tâche ou l'élément de tâche à mesurer est automatisé ou robotisé, il est probable que le temps sera presque exactement le même à chaque fois; dans ce cas, on peut ne mesurer qu'un petit nombre de fois pour confirmer ce fait. S'il s'agit d'une tâche manuelle, il y aura davantage de variabilité et l'analyste fera alors un nombre suffisant de mesures pour que la moyenne calculée puisse être considérée comme représentant bien le temps requis. Le nombre de mesures dépend aussi du degré de précision désiré et du budget disponible pour réaliser l'étude.

Étape 3 – La réalisation des mesures

Les mesures sont normalement effectuées en observant un employé bien formé et suffisamment expérimenté mais considéré comme étant un employé moyen, représentatif de l'ensemble de ses collègues qui font le même travail. Les mesures devraient aussi être prises une fois que l'employé a eu l'opportunité de bien apprendre la tâche et de la réaliser un nombre suffisant de fois pour que le temps requis se soit stabilisé. Les analystes utilisent habituellement pour la mesure un chronomètre où chaque minute est divisée non pas en 60 secondes mais en 100 centièmes de minute, ce qui facilite ensuite les calculs. Une fois que les mesures sont effectuées, on peut calculer le **temps observé moyen (*TOM*)**, c'est-à-dire la moyenne des mesures réalisées pour une même tâche ou un même élément de tâche.

ÉTAPE 4 – L'ÉVALUATION DU RYTHME AUQUEL TRAVAILLE L'EMPLOYÉ OBSERVÉ

Même si l'on a pris soin de prendre les mesures en observant un employé moyen, il est possible que celui-ci soit stressé par la présence de l'analyste et accélère son rythme, ou encore qu'il le ralentisse volontairement pour fausser les mesures, ou qu'il ait naturellement un rythme de travail plus rapide ou plus lent. Or, ce qu'on cherche à connaître, c'est le temps que requiert normalement la tâche à faire, c'est-à-dire le temps que prendrait un employé qualifié travaillant dans des conditions normales (sans prime à la performance) et à un rythme qu'il est capable de maintenir pendant toute la journée de travail sans fatigue excessive. Par convention, on dira qu'une tâche effectuée à ce rythme a un facteur d'allure de 100. Si la tâche est effectuée plus rapidement, l'analyste attribuera un facteur d'allure plus élevé (105, 110, 115, 120, etc.) et si elle est effectuée plus lentement, il attribuera un facteur d'allure inférieur à 100 (95, 90, 85, 80, etc.). Comme le facteur d'allure est déterminé par l'analyste, on l'appelle aussi *jugement d'allure*. Notons que bien qu'il y ait une part de subjectivité dans l'attribution du facteur d'allure, un analyste bien formé et expérimenté arrivera à des estimations assez justes[40]. Une fois que le facteur d'allure a été déterminé, on peut calculer le **temps normalisé (*TN*)** :

Temps normalisé (*TN*)

Temps normalisé (*TN*) = Temps observé moyen (*TOM*) × (Facteur d'allure (*FA*) ÷ 100)

ÉTAPE 5 – LA PRISE EN COMPTE DE LA FATIGUE ET DES ARRÊTS JUGÉS NORMAUX

Puisque le temps standard sera utilisé pour calculer la capacité et établir le coût de revient, on veut qu'il tienne compte des pauses et des arrêts inévitables (pendant lesquels l'employé est rémunéré). Pour ce faire, on établit une majoration pour fatigue, besoins personnels et délais, généralement à partir de normes prédéterminées. Par exemple, la majoration pour besoins personnels (aller à la salle de bain ou à la fontaine, recevoir un appel téléphonique, etc.) est normalement d'environ 5 % du temps travaillé. La majoration pour fatigue, elle, varie selon la nature de la tâche et les efforts qu'elle exige (travail debout ou assis; avec ou sans effort physique, cognitif ou émotif; à température normale, au froid ou à la chaleur; monotone ou varié; etc.). La majoration de base pour un travail assis qui ne demande pas d'effort spécial est de 4 % du temps travaillé. Dans certains cas extrêmes, elle peut atteindre 100 % (par exemple un employé qui doit faire beaucoup d'efforts physiques dans un environnement bruyant et dangereux et où la température est très élevée, ou encore un employé dont le travail entraîne un stress cognitif et émotif majeur). Enfin, on peut ajouter une majoration pour les arrêts jugés inévitables (démarrage et mise à l'arrêt des équipements, nettoyage du poste de travail, interruption justifiée, irrégularités des matières premières, etc.). Habituellement, on n'inclut pas dans la majoration les arrêts occasionnés par les retards, l'absentéisme, les pannes d'équipement ou le manque de matières premières. Les pourcentages de majoration sont additionnés puis utilisés pour le calcul du **temps standard (*TS*)** :

Temps standard (*TS*)

Temps standard (*TS*) = Temps normalisé (*TN*) × (1 + majoration)

---

[40] Un des éléments de cette formation au facteur d'allure est le visionnement répété de films montrant différentes allures de travail, lesquelles sont basées sur certaines normes. Par exemple, on considère qu'une allure de 100 correspond à une personne marchant à un rythme de 4,8 km/h (ou 3 milles/h), ou distribuant un paquet de 52 cartes à jouer en quatre piles égales, en 30 secondes.

Exemple

Tuyva Chan est analyste en organisation du travail et a été embauchée par l'entreprise D-Roll pour étudier le processus d'assemblage des planches à roulettes et réaliser une mesure du travail. Elle se penche présentement sur l'étape d'assemblage des composants roulettes. Après avoir identifié les éléments de la tâche qu'elle compte chronométrer, elle a préparé une grille de collecte de données et a effectué dix mesures pour chacun de ces éléments (les données sont des centièmes de minute). Les résultats de ses observations et de ses premiers calculs sont présentés au tableau suivant :

Éléments de travail	Chronométrages										*TOM*	*FA*	*TN*
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1. Saisir le composant essieu	9	11	10	12	11	10	13	10	11	12	**10,9**	110	**11,99**
2. Insérer le 1er roulement à billes	15	12	14	15	16	12	15	16	16	14	**14,5**	100	**14,5**
3. Insérer la roue	10	10	9	10	11	10	10	11	8	10	**9,9**	100	**9,9**
4. Insérer le 2e roulement à billes	11	14	14	16	11	12	12	13	13	15	**13,1**	110	**14,41**
5. Insérer l'écrou	26	28	24	27	28	26	23	27	26	23	**25,8**	90	**23,22**
6. Serrer l'écrou	32	32	31	35	33	31	34	35	33	32	**32,8**	85	**27,88**
7. Déposer le composant assemblé sur le chariot	12	14	12	12	11	14	13	12	11	12	**12,3**	100	**12,3**

Puisqu'il y a deux roues à installer sur chaque composant roulettes, Tuyva a pris soin de vérifier que les mesures étaient semblables pour chacune des deux roues. Toutefois, l'étape 1 (saisir le composant essieu) et l'étape 7 (déposer le composant assemblé sur le chariot) ne sont réalisées qu'une fois pour chaque composant roulettes, alors que les étapes 2 à 6 sont réalisées deux fois.

Le calcul du temps observé moyen (*TOM*) est très simple : il s'agit de la moyenne arithmétique des dix mesures que Tuyva a effectuées, et ce, pour chacun des six éléments de la tâche. L'observation de l'employé lui a aussi permis de déterminer le facteur d'allure (*FA*) lié à chaque élément. Ensuite, elle a calculé les temps normalisés (*TN*) pour chaque élément de tâche. Par exemple, pour l'élément 1, il faut en moyenne 10,9 centièmes de minute pour saisir le composant essieu, mais Tuyva a jugé que l'employé effectuait ce travail plus rapidement que la normale puisqu'elle a attribué un facteur d'allure de 110. Donc, le temps normalisé de cet élément de tâche est : 10,9 × (110 ÷ 100) = 11,99. Ainsi, un employé normal dans des conditions normales prendrait un peu plus de temps pour réaliser cet élément de tâche.

Chez D-Roll, on évalue que la majoration pour fatigue et besoins personnels applicable aux opérations d'assemblage représente 15 % du temps travaillé. Ici, cette majoration est identique pour tous les éléments de la tâche, alors il est plus simple pour Tuyva d'additionner l'ensemble des temps normalisés avant d'appliquer la majoration. Cependant, elle ne doit pas oublier de tenir compte des étapes qui sont effectuées deux fois (puisqu'il y a deux côtés au composant roulettes). Le temps normalisé total pour assembler un composant roulettes est donc :

$$TN = 11{,}99 + [2 \times (14{,}5 + 9{,}9 + 14{,}41 + 23{,}22 + 27{,}88)] + 12{,}3$$
$$TN = 204{,}11 \text{ centièmes de minute}$$

On voit que travailler en centièmes de minute (plutôt qu'en secondes) facilite l'addition du temps normalisé des éléments de tâche. Il facilite aussi la conversion d'une unité de mesure à l'autre : 204,11 centièmes de minute est égal à 2,0411 minutes (soit deux minutes et quatre centièmes, et non deux minutes et quatre secondes!).

Tuyva applique ensuite la majoration pour trouver le temps standard (*TS*) :

$$TS = 2{,}0411 \text{ minutes} \times (1 + 0{,}15) = 2{,}3472 \text{ minutes}$$

Ce temps standard est le temps que prendrait un employé qualifié moyen, dans des conditions normales, pour effectuer l'assemblage d'une unité du composant roulettes en utilisant la méthode de travail actuelle, et ce, en incluant les arrêts normaux. Il est maintenant possible d'utiliser ce temps standard pour calculer la capacité d'assemblage de ces composants ou le coût de revient en main-d'œuvre de cette opération. Pour ce faire, on pourra arrondir le résultat final à 2,35 minutes par unité assemblée. Notons qu'il est important de ne pas arrondir les résultats trop tôt, ni de trop les arrondir, surtout lorsque les temps sont très courts, comme c'est le cas ici. Par exemple, maintenant que l'on sait que le temps standard d'assemblage des composants roulettes est de 2,35 minutes, on peut calculer que chaque poste de travail qui fait cet assemblage possède une capacité hebdomadaire (pour 35 heures travaillées par semaine, ou 2 100 minutes) de 893,6 unités (soit 2 100 minutes ÷ 2,35 minutes/unité). Si l'on avait arrondi le temps standard à 2 minutes, on calculerait une capacité de 1 050 unités par semaine, ce qui serait une erreur substantielle.

La méthode des temps prédéterminés

Lorsqu'une tâche n'existe pas encore ou que l'observation s'avère difficile, on peut utiliser la méthode des temps prédéterminés. Cette méthode requiert de décomposer la tâche non seulement en éléments de la tâche, mais aussi en tous les mouvements qu'elle requiert, appelés micromouvements. Par exemple, l'élément de tâche « saisir le composant essieu » implique de tendre le bras, de soulever la pièce, de l'amener vers soi et de la déposer sur la table de travail. On utilise ensuite les résultats standardisés d'études qui ont été faites en laboratoire et qui ont établi le temps requis pour chacun de ces micromouvements, et ce, en fonction de la position du corps de l'individu, de la distance entre lui et la pièce à saisir ainsi que du poids de cette dernière. En additionnant les temps de tous les micromouvements, on détermine le temps total de chaque élément de tâche, puis de la tâche en entier.

Cette méthode a l'avantage de ne pas déranger le travail des employés en les observant. Puisqu'elle n'implique pas de jugement d'allure, elle paraît plus objective. Par contre, elle ne tient pas compte du contexte de travail réel ni de l'habileté développée par des employés d'expérience.

La méthode des observations instantanées

Tant le chronométrage que la méthode des temps prédéterminés sont appropriés pour mesurer le travail répétitif dont la durée est assez constante, qu'il s'agisse d'un travail industriel (par exemple souder deux pièces métalliques) ou de service (par exemple répondre à un appel pour un téléphoniste de l'assistance-annuaire). Toutefois, bien des activités sont faites de manière intermittente ou ont une durée très variable selon la situation. Par exemple, un magasinier qui travaille dans l'entrepôt d'une PME fera probablement au cours de la journée une variété de tâches (réception de marchandises, contrôle des quantités, mise en tablettes, recherche d'information, etc.) de différentes durées et dans une séquence variable. De même, un médecin fera différents examens médicaux, inscrira les résultats dans le dossier du patient, analysera les résultats des tests, répondra aux questions de ses patients, leur prescrira des traitements, etc., dont la durée variera d'un patient à l'autre. Dans ces situations, le chronométrage serait difficile et donnerait des résultats peu représentatifs du travail réellement effectué.

On utilise alors la méthode des observations instantanées, aussi appelée *méthode du sondage*. Il s'agit pour l'analyste de se constituer un échantillon d'observations réalisées chacune à un instant précis dans le temps (d'où le nom d'*observations instantanées*). Par exemple, il notera ce que l'employé faisait à 10 h 32 min 50 sec, puis ce qu'il faisait à 10 h 58 min 20 sec, etc. Comme pour tout sondage, les règles de représentativité statistique s'appliquent : la taille de l'échantillon (soit le nombre d'observations réalisées) doit être suffisamment grande pour obtenir une marge d'erreur faible; l'échantillonnage doit être aléatoire (par exemple, on ne fera pas une observation précisément à toutes les cinq minutes, mais à des moments déterminés aléatoirement) et doit permettre de représenter l'ensemble de la tâche et de ses variations (on étalera habituellement les observations sur plusieurs jours jugés représentatifs du travail normal). Une fois les observations réalisées, l'analyste pourra calculer la proportion du temps qui est consacré à chaque activité.

Exemple



Jonathan Gobeil est analyste des processus dans une entreprise de transport en commun, et il doit améliorer la performance à l'entrepôt des pièces. Il veut d'abord identifier les tâches auxquelles les employés consacrent le plus de temps et qui présentent donc le meilleur potentiel d'amélioration.

Il a procédé à une étude par observations instantanées. En collaboration avec les employés, il a commencé par faire une liste des activités qui sont réalisées normalement et il a préparé une feuille d'observations. Puis, il a réalisé 300 observations réparties au hasard sur une période d'une semaine; à chaque observation, il faisait un « X » pour indiquer l'activité qui avait lieu à ce moment-là. Il a obtenu les résultats suivants :

Activités	Observations	Nombre total	Proportion
Parle au téléphone	XXXXX XXXXX XXXXX XXXXX XXXXX XXXXX XX	32	**10,7 %**
Parle à un requérant venu au comptoir de service	XXXXX XXXXX XXXXX XXXXX XXXXX XXXXX XXXXX	35	**11,7 %**
Cherche une pièce dans l'entrepôt	XXXXX XXXXX XXXXX XXXXX XXXXX XXXXX XXXXX XXXXX XXXXX XXXXX XXXXX XXXXX XXXXX XXXXX XX	72	**24,0 %**
Transporte une pièce	XXXXX XXXXX XXXXX XXXXX XXXXX XXXXX XXXXX XXXXX XXXXX XX	47	**15,7 %**
Vérifie les caisses de marchandises reçues	XXXX	4	**1,3 %**
Place les marchandises reçues	XXXXX XX	7	**2,3 %**
Consulte le fichier des stocks (ordinateur)	XXXXX XXXXX XXX	13	**4,3 %**
Saisit des données dans l'ordinateur	XXXXX XXXXX XXXXX XXXXX XX	22	**7,3 %**
Fait imprimer des documents / fait des photocopies	XXXXX XXXXX XXXXX X	16	**5,3 %**
Remplit des documents	XXXXX XXXXX XXXXX XXXXX XXXXX XX	27	**9,0 %**
N'est pas là (en pause, aux toilettes, etc.)	XXXXX XXXXX X	11	**3,7 %**
Attend / ne fait rien	XXXXX XXXXX XXXX	14	**4,7 %**
TOTAL		300	**100 %**

Comme on le voit, c'est nettement la recherche des pièces dans l'entrepôt qui occupe le plus l'employé, suivie du transport des pièces; ces deux activités représentent à elles seules près de 40 % des observations. Jonathan a alors choisi d'analyser plus précisément ces deux tâches et de chercher à comprendre pourquoi l'on passe autant de temps à chercher et à transporter les pièces. Il a procédé à une observation directe du travail et a tracé un graphique de cheminement représentant les déplacements des employés. En approfondissant encore sa recherche, il a finalement constaté : (1) que l'aménagement de l'entrepôt ne tenait pas compte des pièces les plus fréquemment utilisées (ces pièces devraient être rangées plus près du comptoir de service pour réduire les déplacements); (2) que les employés avaient tendance à aller chercher les pièces sans d'abord consulter le fichier des stocks pour vérifier où se trouvait la pièce et s'il en restait encore; (3) que les pièces étaient parfois rangées au mauvais endroit et qu'il fallait les chercher un peu partout. On a ensuite pu identifier les causes de ces problèmes et apporter des améliorations.

L'utilisation des résultats

Les résultats de la mesure du travail ont différents usages, qu'on peut répartir en quatre catégories :

1) **L'amélioration des processus :** comme l'a montré l'exemple qui précède, la mesure du travail permet d'identifier les opérations qui présentent le meilleur potentiel de gain d'efficience. Lors d'une démarche d'amélioration des processus, la mesure sera donc un point de départ pour savoir par où commencer. Dans ce cas, il peut s'agir d'observations instantanées ou d'un simple minutage, sans qu'il soit nécessaire d'évaluer l'allure et les majorations. Il peut aussi être utile d'effectuer une mesure du travail avant et après la démarche d'amélioration pour documenter et démontrer les gains obtenus. La mesure du travail permet aussi d'évaluer la faisabilité et les conséquences de mettre en place un processus où l'employé opère simultanément plusieurs appareils ou effectue des tâches en parallèle;
2) **Le calcul des coûts :** le temps standard est à la base du calcul du coût de revient en main-d'œuvre, lequel fait partie du calcul du coût de revient total. Une bonne évaluation de ces coûts est essentielle pour fixer le prix de vente des produits et des services et être en mesure d'établir rapidement des propositions de prix pour les clients qui en font la demande. Même si l'on choisit d'aligner les prix de vente sur ceux du marché, la connaissance du coût de revient permet d'assurer qu'on ne vend pas à perte. Le coût de revient est aussi utilisé pour calculer la marge bénéficiaire brute et pour évaluer la valeur des stocks de produits finis et de produits en cours;
3) **Le calcul de la capacité :** le temps standard permet de calculer la capacité des différents postes de travail qui composent le processus. Il est alors possible de déterminer le nombre de postes requis pour chacune des étapes et d'essayer de répartir le travail pour équilibrer les tâches. On peut ensuite calculer la capacité globale, une information essentielle pour planifier la production, que ce soit pour préparer le plan global de production ou lors de la planification détaillée et de l'ordonnancement. La prochaine section sera consacrée aux liens entre le temps standard et la capacité;
4) **La mesure de la performance :** le temps standard peut permettre d'évaluer la performance d'un employé ou d'un groupe d'employés, et ce, à différentes fins. Il faut toutefois agir ici avec beaucoup de prudence. Pendant longtemps, la mesure du travail a surtout été utilisée pour déterminer des quotas de production que les employés devaient atteindre sous peine de sanction, ou encore pour déterminer les barèmes de rémunération à la pièce ou de primes au rendement. Dans ce contexte, il était normal que les employés et les syndicats qui les représentaient aient vu d'un mauvais œil le chronométrage du travail. Cette perception négative perdure encore de nos jours, si bien que la mesure du travail doit toujours se faire après entente entre l'employeur et les employés (ou leurs représentants), et les objectifs doivent être expliqués en toute honnêteté. On ne devrait jamais tenter d'effectuer des mesures secrètement ou d'en utiliser les résultats à d'autres fins que celles sur lesquelles on s'est entendu au départ (par exemple en affirmant qu'on ne veut que calculer le coût de revient mais en utilisant ensuite les résultats pour évaluer les employés). Du reste, le temps utilisé pour accomplir une tâche n'est qu'une des dimensions de la performance : il faut aussi tenir compte de la qualité du travail réalisé, de la flexibilité face aux exigences du travail, du soutien accordé aux collègues, de l'engagement et de la loyauté envers l'organisation, et bien d'autres choses encore. L'utilisation de la mesure du travail ne devrait être, au plus, qu'un élément parmi d'autres de la mesure de performance.

9.5 De la mesure du travail au calcul de la capacité

En gestion des opérations et de la logistique, le calcul du temps standard est essentiel pour calculer la capacité. En effet, le nombre d'unités de produit qu'on peut fabriquer par unité de temps (par heure, jour, semaine, mois, année), ou encore le nombre de clients qu'on peut servir par unité de temps, dépendent directement du temps qu'il faut pour fabriquer une unité de produit ou pour servir un client. Une fois qu'on a établi le temps standard de réalisation d'une tâche, le calcul de la capacité est une opération mathématique simple. Par exemple, si le temps standard d'une tâche est de trois minutes, la capacité est 20 unités à l'heure, ou 160 unités par journée de huit heures (soit 480 minutes ÷ 3 minutes/unité), etc. Dans la mesure où le rythme variable des employés et les temps d'arrêt considérés comme normaux sont déjà inclus dans le calcul du temps standard, on n'a plus besoin de s'en préoccuper.

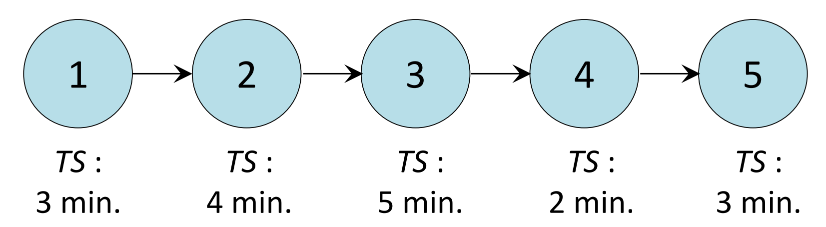
Toutefois, la capacité que l'on calcule ainsi est celle d'un seul poste de travail réalisant l'entièreté de la tâche et seulement cette tâche. Éventuellement, on souhaitera connaître la capacité d'un processus opérationnel dans son ensemble, en tenant compte de toutes les tâches qui le composent, de la manière dont ces tâches sont distribuées aux employés ou aux machines qui les réalisent, et du nombre de postes de travail assignés à chaque tâche. Or, il peut y avoir différentes manières d'organiser les étapes d'un processus, et la capacité dépend directement de cette organisation.

Considérons un exemple simple, les cinq étapes de l'assemblage des pièces composant un sac d'école et le temps standard obtenu pour chacune des étapes :

1	Finition du pourtour du corps du sac	3 min.	
2	Couture des deux panneaux de côté sur le corps du sac	4 min.	
3	Couture des sangles arrière	5 min.	
4	Couture de la languette de l'attache	2 min.	
5	Couture de la boucle d'attache sur le devant du sac	3 min.	

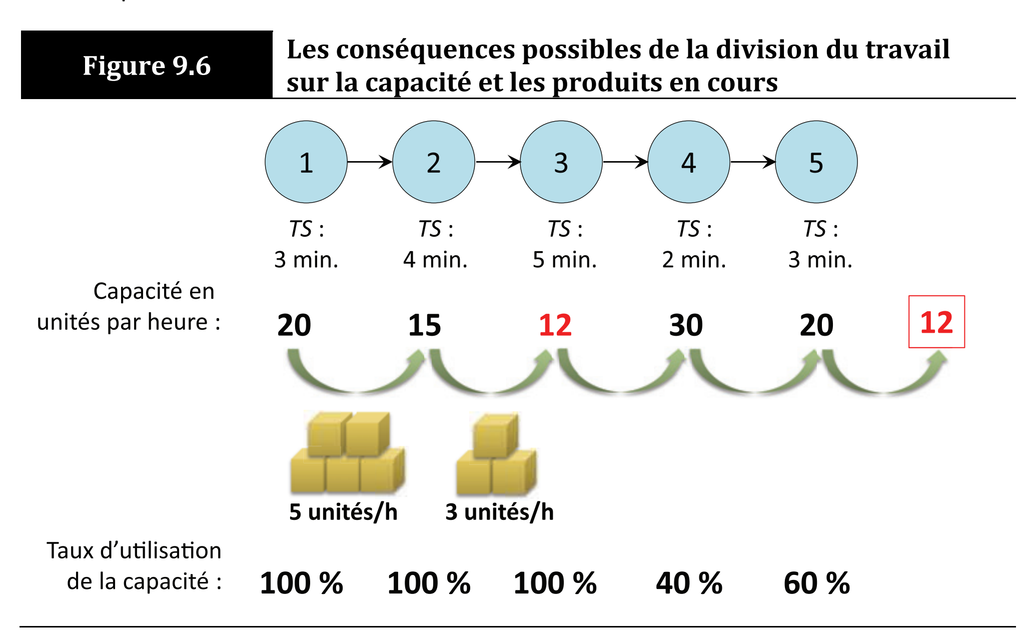
Si un même employé réalise l'ensemble des cinq étapes, le temps standard total d'assemblage d'un sac est de 17 minutes (soit 3 + 4 + 5 + 2 + 3). Cet employé est donc capable d'assembler 3,53 sacs par heure (60 minutes/heure ÷ 17 minutes/sac). Si cinq employés travaillent ainsi en parallèle (c'est-à-dire, indépendamment les uns des autres) à assembler chacun des sacs complets, on peut assembler un total de 17,65 sacs par heure (5 employés × 3,53 sacs/heure/employé).

Supposons qu'on décide de diviser le travail d'assemblage entre les cinq employés, chacun ne réalisant maintenant qu'une seule étape du processus d'assemblage. On obtient alors le processus séquentiel suivant, où les étapes sont interdépendantes :



Le temps standard total d'assemblage d'un sac est toujours de 17 minutes, mais il n'est plus possible maintenant de l'utiliser directement pour calculer le nombre de sacs qu'on peut assembler en une heure. Puisque le travail est divisé, il faut calculer séparément la capacité de chacun des postes de travail, comme le montre la figure 9.6. Or, comme les tâches ont une durée différente, la capacité de chaque poste de travail varie beaucoup; la capacité du processus dans son ensemble est donc limitée par l'étape dont la capacité est la plus faible, ici l'étape 3. On dira donc de l'étape 3 qu'elle est le *goulot d'étranglement* du processus.

Figure 9.6 **Les conséquences possibles de la division du travail sur la capacité et les produits en cours**



La figure 9.6 illustre une situation où l'on forcerait chaque étape à produire le plus possible. Comme on le voit, si l'étape 1 produit à pleine capacité, il s'accumulera un stock de produits en cours en amont de l'étape 2, et ce, à un taux de cinq unités par heure. En effet, l'étape 2 reçoit 20 unités à chaque heure, mais ne peut en traiter que 15. À l'étape 3, qui a une capacité de 12 unités par heure, l'accumulation sera moindre et les stocks de produits en cours s'accumuleront au taux de trois unités par heure. L'étape 3 ne transmettra à l'étape 4 que 12 unités par heure; cette étape a une capacité de 30 unités par heure, mais comme elle n'en reçoit que 12, elle n'utilisera que 40 % de sa capacité (soit 12 ÷ 30). Il en sera de même à l'étape 5 : elle peut traiter 20 unités par heure mais n'en reçoit que 12, donc sa capacité n'est utilisée qu'à 60 %. Au bout du compte, le processus produira 12 sacs assemblés par heure, alors qu'on pouvait assembler 17,65 sacs à l'heure quand le travail n'était pas divisé. Notons qu'on fait ici l'hypothèse que le temps standard de chaque étape est le même, que le travail soit divisé ou pas; ce n'est pas nécessairement le cas.

La figure 9.6 met aussi en évidence trois phénomènes importants :

1) Dans une situation où la capacité des étapes d'un processus séquentiel est déséquilibrée, il est inutile et même nuisible de forcer les étapes situées en amont du goulot d'étranglement à produire à pleine capacité. Dans notre exemple, même si les étapes 1 et 2 fonctionnent à pleine capacité, le processus ne parviendra à produire que 12 unités à l'heure. Tout ce qu'on accomplit en forçant la production est l'accumulation de stocks de produits en cours, qui prennent de l'espace et risquent de se détériorer, et qu'il faut financer;

2) L’accumulation de produits en cours indique qu’il y a des déséquilibres de capacité entre les étapes, mais elle ne permet pas d’identifier l’étape goulot. Dans notre cas, par exemple, les produits en cours s’accumulent plus rapidement en amont de l’étape 2 qu’en amont de l’étape 3. Un gestionnaire qui se fierait à la hauteur de la pile de produits en cours pour identifier le goulot croirait qu’il se situe à l’étape 2, alors que lorsqu’on calcule la capacité de chaque étape, on constate rapidement que c’est l’étape 3 qui constitue le goulot. On pourrait faire la même erreur dans une entreprise de services, en croyant que le goulot d’étranglement est nécessairement situé à l’étape où se forme la plus longue file d’attente;

3) Si l’on croit faussement que le goulot est à l’étape 2 et qu’on augmente sa capacité, cela n’aura aucun impact sur la capacité du processus. Il est inutile d’augmenter la capacité d’une étape non-goulot.

Agir sur le goulot

Le corollaire des trois constats précédents est que c’est l’étape goulot qui bat la cadence pour l’ensemble du processus et que toutes les autres étapes lui sont subordonnées. C’est donc sur le goulot qu’il faut agir pour maintenir et, au besoin, augmenter la capacité du processus.

D’abord, il faut s’assurer que l’étape goulot soit toujours en mesure de fonctionner à pleine capacité. Pour ce faire, on va habituellement conserver en amont de cette étape un stock tampon des produits en cours et des pièces qui lui servent d’intrants, de telle sorte que son travail ne soit jamais interrompu à cause d’un manque d’intrants[41]. Dans le même sens, on s’assurera que les produits qui sortent de l’étape goulot aient un espace tampon où ils peuvent s’accumuler, de telle sorte qu’ils ne bloquent jamais la sortie et nuisent aux opérations du goulot.

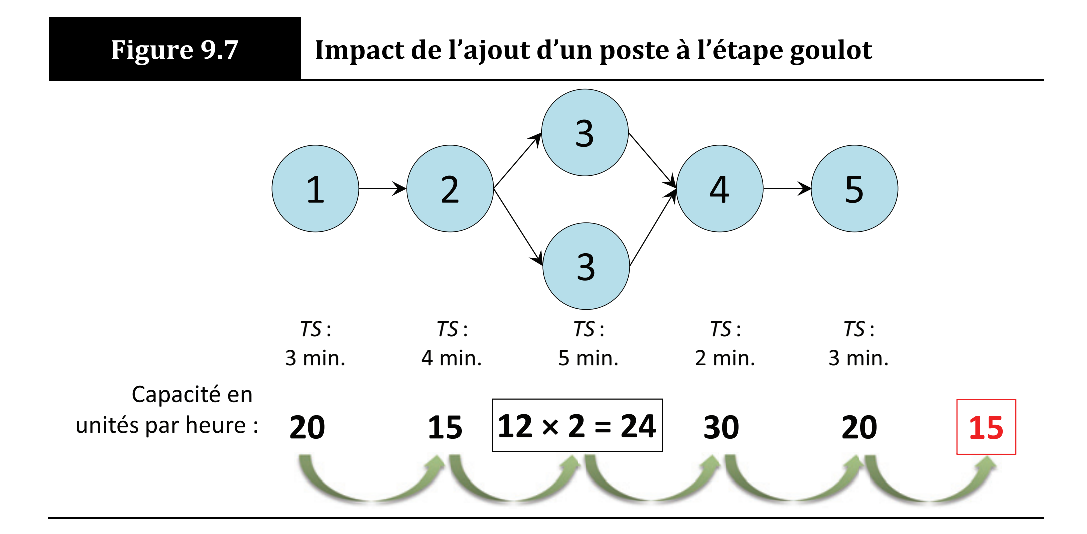
Ensuite, toute démarche d’amélioration visant à augmenter la capacité ou la productivité devrait commencer par l’étape goulot : une étude détaillée des tâches accomplies et des méthodes et technologies utilisées, suivie par la mise en œuvre d’éventuelles améliorations, pourrait permettre d’augmenter la capacité et l’efficience de tout le processus.

Puisqu’il est très possible que les étapes en amont et en aval du goulot ne fonctionnent pas à 100 % de leur capacité, on pourrait également voir si les ressources inutilisées peuvent être transférées au goulot pour en accélérer le travail. Évidemment, cela n’est possible que si les employés sont flexibles et qu’ils peuvent facilement se déplacer vers l’étape goulot pour lui venir en aide, et qu’une telle aide est techniquement possible.

Finalement, si la demande le justifie, on peut carrément ajouter un ou plusieurs autres postes de travail affectés à la réalisation de l’étape goulot. Dans l’exemple des sacs d’école, si l’on ajoute un deuxième poste à l’étape 3, on se retrouve dans la situation de la figure 9.7.

[41] Notons également que tous les principes énoncés ici valent aussi pour les entreprises de services. Par exemple, dans une clinique médicale dont la capacité est limitée, on fixe les rendez-vous de telle sorte qu’il y ait toujours des patients en attente et que le médecin – la ressource goulot – ne soit jamais inoccupé. Dans les deux cas, ce stock tampon devrait se réduire à l’essentiel, de manière à réduire les coûts (pour les biens) et à ne pas faire attendre indûment les clients (pour les services).

Figure 9.7 **Impact de l'ajout d'un poste à l'étape goulot**



La capacité du processus ne double pas puisque c'est maintenant l'étape 2 qui constitue le goulot d'étranglement et qu'elle limite la capacité à 15 unités à l'heure. Si l'on doublait aussi le poste 2, la capacité du processus passerait alors à 20 unités à l'heure, et ce sont les étapes 1 et 5 qui constitueraient les goulots (ces deux étapes ayant la même capacité). Donc, le goulot peut se déplacer au fur et à mesure qu'on modifie le processus; il est essentiel de suivre ses déplacements et de toujours bien l'identifier puisque c'est sur lui qu'il faut agir.

L'équilibrage d'un processus multi-étapes peut aussi passer par une répartition différente du travail entre les postes. Dans le cas des sacs, on pourrait penser à combiner les étapes 4 et 5; si l'on peut le faire en conservant les temps standards actuels (deux minutes pour l'étape 4, et trois minutes pour l'étape 5), on arrive à un temps standard combiné de 5 minutes, soit le même que celui du goulot de la figure 9.6 (l'étape 3). Si la production de 12 unités à l'heure suffit pour répondre à la demande, il serait donc possible de l'atteindre avec quatre employés plutôt que cinq. On n'a pas augmenté la capacité, mais on a augmenté la productivité grâce à un meilleur équilibrage. On peut aussi faire une analyse plus fine des tâches réalisées à chacune des étapes et voir si certaines ne pourraient pas être effectuées par les postes en amont ou en aval, de telle sorte que chaque poste de travail ait un temps standard à peu près équivalent. En pratique, cette possibilité est souvent limitée par les contraintes techniques liées à la réalisation de chacune des étapes.

Comme on le voit, il n'est pas facile d'équilibrer les étapes d'un processus séquentiel. Et même si l'on parvient à le faire, toutes sortes d'impondérables viennent temporairement déséquilibrer le tout : un employé s'absente quelques minutes de son poste, un appareil fonctionne mal et doit être réajusté, etc. Une façon de pallier ces problèmes est de former des équipes d'employés flexibles travaillant dans un aménagement de type cellulaire (voir le chapitre 8). Par exemple, si chacune des personnes qui fabriquent les sacs est en mesure de réaliser toutes les étapes et de se déplacer facilement et rapidement d'un poste à l'autre, alors ces personnes peuvent se remplacer au besoin, s'entraider ou travailler ensemble à résoudre les problèmes ponctuels plus rapidement. L'utilisation d'équipements polyvalents facilite aussi les choses : dans l'exemple des sacs d'école, si toutes les machines à coudre peuvent passer facilement d'une tâche à l'autre, il est possible pour un employé de compenser un déséquilibre temporaire en effectuant un autre type de couture que celui qui lui est normalement assigné.

Goulot, cadence et temps de cycle

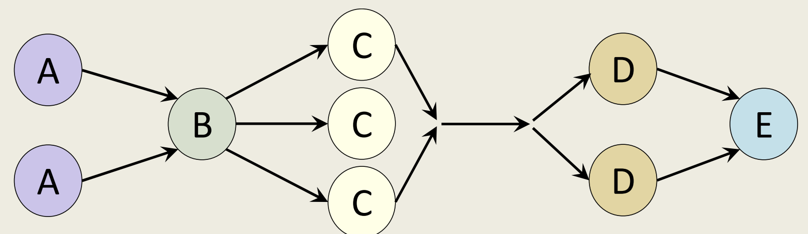
La figure 9.7 montre qu'il est possible d'organiser de différentes façons les étapes d'un processus multi-étapes et que la manière d'organiser le travail influence directement le nombre d'unités qui peuvent être fabriquées. Avant de continuer, définissons plus précisément les termes que nous avons introduits jusqu'à maintenant :

- **Processus parallèle :** un processus est dit *parallèle* si différents postes de travail réalisent en parallèle un ensemble de tâches. Il n'y a donc pas d'interdépendance entre les postes de travail. Par exemple, chaque employé fabrique un sac au complet, mais plusieurs travaillent en parallèle à faire le même ensemble de tâches;
- **Processus séquentiel :** un processus est dit *séquentiel* lorsqu'il y a une division du travail entre différents postes de travail qui réalisent chacun des tâches différentes conduisant, l'une après l'autre, à la réalisation du produit final (les étapes sont donc interdépendantes). Par exemple, chaque employé est assigné à la réalisation d'une étape de la fabrication des sacs, tel que le montre la figure 9.6;
- **Poste de travail :** c'est un espace aménagé et équipé de manière à ce qu'une tâche ou un ensemble de tâches puissent y être réalisées. À la figure 9.7, les étapes 1, 2, 4 et 5 comptent chacune un poste de travail, alors que l'étape 3 en compte deux (et ces deux postes travaillent en parallèle puisqu'ils effectuent la même tâche indépendamment l'un de l'autre). Si l'on décidait de regrouper les étapes 4 et 5, elles pourraient être réalisées par un même poste de travail;
- **Temps de cycle :** c'est le temps qui s'écoule entre la fin de la fabrication de deux unités consécutives. À la figure 9.7, l'étape 3 a un temps standard de 5 minutes, mais comme deux postes y sont affectés, il en sortira une unité à toutes les 2,5 minutes : c'est le temps de cycle. Le temps de cycle d'une étape est donc le temps standard de cette étape divisé par le nombre de postes qui travaillent en parallèle à la réaliser;
- **Cadence :** c'est le nombre d'unités qui peuvent être produites par heure (c'est, aux figures 9.6 et 9.7, ce qu'on avait désigné comme la capacité des différentes étapes). La cadence est la réciproque du temps de cycle : si le temps de cycle est de 2,5 minutes, la cadence est de 24 unités à l'heure (soit 60 ÷ 2,5); si la cadence est de 3 unités à l'heure, c'est que le temps de cycle est de 20 minutes (soit 60 ÷ 3). Dans le cas d'un processus séquentiel non équilibré, la cadence du processus dans son ensemble est égale à la cadence du goulot d'étranglement;
- **Goulot d'étranglement :** dans un processus séquentiel, c'est l'étape qui limite la capacité du processus dans son ensemble. C'est l'étape qui a la cadence la plus faible. Remarquons toutefois que le goulot n'importe vraiment que si sa cadence est insuffisante pour répondre à la demande;
- **Taux d'utilisation des postes de travail :** dans le cas des processus multi-étapes non équilibrés, le taux d'utilisation est la proportion de la capacité de chaque poste qui est réellement utilisée, compte tenu de la présence d'un goulot. Le taux d'utilisation de l'étape X s'établit généralement par le temps de cycle de l'étape X divisé par le temps de cycle de l'étape goulot. Si les étapes non-goulots ajustent leur cadence à celle du goulot, le taux d'utilisation sera inférieur à 100 %. Si les étapes en amont du goulot n'ajustent pas leur cadence, elles pourraient être utilisées à 100 % mais il s'accumule alors des produits en cours. Il est à noter que pour un processus parallèle, le taux d'utilisation de chaque poste sera de 100 % puisqu'il

n'y a pas de goulot d'étranglement. Un processus parallèle aura donc toujours une cadence égale ou supérieure à un processus séquentiel, toute autre chose étant égale par ailleurs; toutefois, le processus séquentiel présente aussi des avantages, comme on le verra à la prochaine section.

Exemple

Une entreprise assemble des séchoirs à cheveux en utilisant le processus séquentiel suivant :



Le temps standard d'assemblage d'un séchoir à cheveux est de 31,1 minutes (la somme du temps standard de chacune des étapes). C'est ce temps qui servira à calculer le coût standard. Toutefois, la capacité d'assemblage sera calculée de la manière suivante :

Étape 1. Calculer le temps de cycle de chaque étape :

Étape A : 6 minutes ÷ 2 postes = 3 minutes par unité
Étape B : 3,5 minutes ÷ 1 poste = 3,5 minutes par unité
Étape C : 12 minutes ÷ 3 postes = 4 minutes par unité
Étape D : 7,6 minutes ÷ 2 postes = 3,8 minutes par unité
Étape E : 2 minutes ÷ 1 poste = 2 minutes par unité

Étape 2. Calculer la cadence de chaque étape :

Étape A : 60 ÷ 3 = 20 unités par heure
Étape B : 60 ÷ 3,5 = 17,14 unités par heure
Étape C : 60 ÷ 4 = 15 unités par heure
Étape D : 60 ÷ 3,8 = 15,79 unités par heure
Étape E : 60 ÷ 2 = 30 unités par heure

Étape 3. Identifier le goulot d'étranglement :

C'est l'étape qui a la cadence la plus faible, ici l'étape C (15 unités par heure)
Donc, la cadence du processus dans son ensemble est de 15 unités par heure, et le temps de cycle du processus est de 4 minutes (c'est-à-dire qu'un nouveau séchoir sera assemblé à toutes les quatre minutes).

Étape 4. Si l'on ajuste la cadence de production de chacune des étapes à celle du goulot, le taux d'utilisation des postes de travail pour chaque étape peut être calculé en divisant le temps de cycle de cette étape par le temps de cycle de l'étape goulot, soit :

Étape A : 3 ÷ 4 = 75 %
Étape B : 3,5 ÷ 4 = 87,5 %
Étape C : 4 ÷ 4 = 100 %
Étape D : 3,8 ÷ 4 = 95 %
Étape E : 2 ÷ 4 = 50 %

Notons qu'on peut aussi calculer le taux d'utilisation des postes en divisant la cadence du goulot par la cadence possible de chacun des postes :

Étape A : 15 ÷ 20 = 75 %
Étape B : 15 ÷ 17,4 = 87,5 %
Étape C : 15 ÷ 15 = 100 %
Étape D : 15 ÷ 15,79 = 95 %
Étape E : 15 ÷ 30 = 50 %

La division technique du travail et ses conséquences

La division technique du travail consiste à morceler les différentes étapes d'une transformation complexe pour les répartir entre différentes personnes, qui n'ont ainsi qu'une seule étape à accomplir. Elle est souvent assimilée à la chaîne d'assemblage popularisée par Henry Ford au début du XXe siècle, c'est-à-dire à un aménagement linéaire où les postes de travail sont reliés par des convoyeurs. Cependant, on a vu au chapitre 8 que la division du travail peut être présente dans différents types d'aménagements. De plus, on associe généralement la division technique du travail à une façon plus rationnelle et plus efficiente d'organiser le travail. Pourtant, les sections précédentes font ressortir qu'elle entraîne aussi des pertes d'efficience dues à la difficulté d'équilibrer les tâches (et donc, à la sous-utilisation de la capacité aux étapes non-goulots), de même que l'accumulation de produits en cours. Enfin, la parcellarisation des tâches est associée à un appauvrissement du travail et à une certaine aliénation des employés. Alors, vaut-il mieux diviser le travail ou, au contraire, chercher à regrouper les tâches?

Pour y voir plus clair, considérons différentes caractéristiques des processus et leurs conséquences sur la division ou non des tâches :

1) **Le degré de complexité des tâches à accomplir :** diviser une transformation complète en tâches plus courtes et plus simples facilite l'apprentissage, de même que le développement de l'expertise et de l'expérience. Dans le cas de l'assemblage des sacs d'école vu plus tôt, les travailleurs seraient facilement en mesure d'assembler un sac complet, mais il s'agit ici d'un produit très simple. Dès qu'il est question d'un produit ou d'un service un tant soit peu complexe, il est difficile pour le même employé de maîtriser l'ensemble des tâches à accomplir; chacun développe alors une spécialité dans laquelle il devient très efficace et efficient, et la division du travail est inévitable;

2) **Les étapes entourant la transformation elle-même :** un des principaux inconvénients de la division du travail est qu'elle requiert le transfert des produits en cours d'une étape à l'autre. Dans le cas des biens, il faut donc mettre en place des systèmes de transport (sur convoyeur, sur chariot, etc.) reliant les postes de travail, et prévoir le travail de manutention qui peut s'ajouter. Dans le cas des services, il s'agit le plus souvent d'un transfert d'information sur les besoins du client, ou même carrément du transfert du client d'un prestataire de service à l'autre;

3) **L'équipement requis :** c'est là une des principales raisons qui motivent la division du travail. En effet, les équipements sont souvent très spécialisés de manière à être plus efficients. Dans le cas des sacs d'école, par exemple, il est probable que les cinq étapes d'assemblage soient exécutées sur des types de machines à coudre différentes (un appareil de finition pour coudre le pourtour, un appareil à point droit pour assembler les côtés…) ou mises en route différemment (type d'aiguilles, type de fil, etc.). Ainsi, pour qu'un même employé réalise toutes les étapes, il faudrait que son poste de travail soit équipé de plusieurs machines à coudre et qu'il passe de l'une à l'autre selon l'étape à

effectuer. Si plusieurs employés travaillent en parallèle, il faudra donc beaucoup d'équipement, et ce dernier sera sous-utilisé. Par contre, on n'aura pas besoin d'installer des convoyeurs ou autre méthode de transport pour relier les postes entre eux;

4) **La flexibilité :** lorsque la division du travail prend la forme d'une chaîne de travail à flux semi-continu ou continu, la division du travail se traduit par des processus peu flexibles et moins robustes en cas de problème. Supposons, par exemple, qu'un client demande un lot de sacs d'école différents du modèle habituel ou exige un délai de livraison très court. Si le travail n'est pas divisé, il sera possible de confier la fabrication de ce lot à un ou deux postes de travail, qui feront les changements nécessaires pour s'y adapter; il n'y aura pas d'impact sur les autres postes qui travaillent en parallèle. Par contre, si le travail est divisé, c'est toute la chaîne qui doit temporairement s'adapter aux nouvelles exigences. Le même principe s'applique en cas de problèmes : lorsque le travail est divisé, si un employé est absent ou si un appareil est brisé à une étape pour laquelle il n'y a qu'un poste de travail, c'est toute la chaîne qui s'arrête;

5) **La durée totale du cycle de production :** c'est le temps total qui s'écoule entre l'entrée des intrants à la première étape du processus jusqu'à la sortie de la dernière étape. Dans le cas du travail divisé, il faut ajouter au temps requis pour réaliser chaque étape le temps d'attente entre les étapes. Ce temps peut être assez long, en particulier si les produits en cours sont transportés en lots d'une étape à l'autre plutôt qu'en flux unitaire;

6) **La qualité du travail réalisé :** dans la mesure où la qualité est liée à l'expérience des travailleurs et à leur expertise, la division du travail peut présenter un avantage (si chacun fait très bien la tâche qu'il a à faire, l'ensemble sera de bonne qualité et surtout, d'une qualité uniforme). Par contre, la démotivation qui accompagne souvent la division du travail (surtout si les tâches sont très appauvries et très répétitives) et le manque de responsabilisation face au produit final (dont on n'a fait qu'une petite partie) peuvent avoir pour conséquence qu'on porte moins attention à la qualité. Lorsque les tâches sont réalisées en parallèle, chacun est responsable du produit qu'il fabrique, mais il peut y avoir des variations selon l'employé et l'équipement qui ont fait le travail (ce qui peut entraîner une qualité moins uniforme).

Comme on le voit, il n'y a pas de réponse simple à la question : « Vaut-il mieux diviser le travail ou regrouper les tâches? ». Concrètement, la complexité des produits, des services et des tâches, de même que les contraintes d'équipement, forcent la plupart des organisations à un certain degré de division technique du travail. Mais cette dernière a aussi des limites et des inconvénients. Il revient donc aux gestionnaires des opérations d'effectuer les arbitrages nécessaires pour satisfaire à la fois les besoins techniques de la production, les objectifs visés pour chacune des variables stratégiques et les besoins des employés.

9.6 La notion de capacité

Au sens large, la capacité d'un système opérationnel est la quantité maximale de produits que ce système peut fabriquer ou le nombre maximal de clients qu'il peut servir, et ce, pendant une certaine unité de temps (par heure, par jour, par semaine, par année, etc.). C'est donc la mesure de ce que le système est capable de faire, et pas nécessairement de ce qu'il fait réellement (par exemple, si la demande est faible, le système peut ne pas fonctionner à pleine capacité).

L'unité de mesure de la capacité peut varier d'un secteur d'activités à l'autre. Dans bien des cas, on mesure la capacité par la quantité d'extrants que le système opérationnel peut produire; par exemple, chez un fabricant d'automobiles, la capacité est le nombre de véhicules produit par année. On peut aussi la mesurer à partir des intrants : les entreprises de transformation du pétrole mesurent leur capacité par la quantité de pétrole brut qu'elles sont capables de traiter chaque année. Beaucoup d'entreprises de services mesurent aussi leur capacité en nombre de clients qu'elles peuvent servir par jour. Dans d'autres cas, la mesure de la capacité sera donnée par la quantité d'une ressource fixe; par exemple, les cinémas mesurent leur capacité par le nombre de salles et le nombre de sièges.

Quelle que soit l'unité de mesure choisie, la capacité est toujours directement liée aux ressources disponibles pour les opérations, qu'il s'agisse de la capacité des équipements, du nombre d'employés ou de l'espace disponible. En fait, comme l'a montré la section sur les goulots d'étranglement, la capacité est habituellement liée à certaines ressources spécifiques qui agissent comme des contraintes. La gestion de la capacité consiste donc à obtenir la meilleure capacité possible à partir des ressources disponibles, puis à augmenter ou à diminuer les ressources selon les besoins. Toutefois, la capacité n'est pas un but en elle-même. Elle tire son importance de la demande du marché (ou de la population à desservir) et des décisions stratégiques de l'organisation quant au volume de demande auquel on souhaite répondre. Par exemple, certaines entreprises vont volontairement limiter leur capacité même si la demande est forte, de manière à créer une rareté et à augmenter les prix. À l'inverse, bien des entreprises ont fait faillite à la suite d'augmentations excessives de capacité, en s'appuyant sur des espoirs de demande future et de parts de marché qui ne se sont jamais réalisés.

Enfin, il faut distinguer différents termes :

- La **capacité de conception** est la capacité maximale théorique qu'un système opérationnel donné est capable d'atteindre quand il opère dans des conditions idéales. La capacité de conception représente donc l'ultime plafond en matière de capacité;

- La **capacité réelle** est la capacité attendue au quotidien (le nombre d'extrants ou le nombre d'intrants traités prévus), compte tenu des temps de mise en route, des pauses, de l'entretien, etc. L'écart entre la capacité de conception et la capacité réelle est donc dû à des causes prévues et contrôlées, et l'on peut chercher à le réduire par des efforts d'amélioration des processus. Malgré les améliorations possibles, on ne peut s'attendre à ce que la capacité réelle soit

égale à la capacité de conception[42]. Toutefois, il est généralement possible de dépasser la capacité réelle pendant de courtes périodes, par exemple pour répondre à une demande urgente ou particulièrement élevée;

- La **production réelle**, quant à elle, est la quantité de biens ou de services effectivement produite. Son écart avec la capacité réelle peut être dû à des causes imprévues (retards d'approvisionnement, bris d'équipement, absentéisme, mauvaise qualité…), mais il peut aussi résulter d'une baisse volontaire de production en cas de demande faible et de surcapacité.

Ces trois concepts sont souvent utilisés pour évaluer la performance d'un système opérationnel et mesurer l'impact des efforts d'amélioration. Pour ce faire, on utilise deux ratios : le ratio d'efficacité et le taux d'utilisation du système.

Ratios d'utilisation de la capacité

Ratio d'efficacité : production réelle ÷ capacité réelle

Taux d'utilisation du système : production réelle ÷ capacité de conception

Exemple

Un centre de photocopie est équipé de six photocopieuses à haute vitesse capables d'imprimer chacune 100 pages par minute. Pour une journée de travail de 8 heures, la capacité de conception est donc de 288 000 pages (soit 8 heures × 60 minutes × 100 pages × 6 photocopieuses).

En réalité cependant, on imprime des lots de 3 000 pages en moyenne, et pour chaque lot il faut charger le papier voulu, régler l'appareil, placer les feuilles à copier, faire un essai puis, à la fin de l'impression, retirer les copies et les ranger. De plus, il faut parfois remettre du papier ou de l'encre pendant l'impression et arrêter la production pendant quelques minutes s'il y a un blocage de papier. Finalement, le centre ne dispose que de trois opérateurs, si bien qu'il est fréquent qu'un appareil ait complété l'impression mais qu'il n'y ait pas d'opérateur disponible pour lancer le lot suivant. Compte tenu de tout cela, on a calculé que la capacité réelle du centre est de 190 000 copies par jour.

Dans la journée d'hier, on a réalisé 110 000 copies. Le ratio d'efficacité du système est donc de 57,9 % (soit 110 000 ÷ 190 000) et le taux d'utilisation du système est de 38,2 % (soit 110 000 ÷ 288 000). Ces données permettent aux gestionnaires de suivre la performance du système et, au besoin, de chercher des explications ou des moyens de l'améliorer. Par exemple, il est possible qu'on soit présentement dans une période de faible demande, ou qu'on ait eu une plus forte proportion de petits lots, ou qu'un employé ait été absent, ou qu'un appareil soit défectueux, etc. Il est aussi possible que les appareils soient trop performants pour les besoins du centre et que, compte tenu de la taille des lots et de la demande, des photocopieuses plus lentes et moins coûteuses soient plus appropriées. Il est inutile de faire l'achat d'équipements dont la capacité de conception est très élevée si le contexte dans lequel ils sont utilisés a pour conséquence que la capacité réelle sera beaucoup plus faible.

[42] Ce phénomène est dû à la variabilité du temps de réalisation des différentes étapes de travail et à la variabilité du flux d'arrivée des produits en cours, qui génèrent continuellement des déséquilibres (qu'on peut assimiler à des petits goulots d'étranglement temporaires) et des pertes de capacité. Dans les entreprises de services, par exemple, on évalue souvent que la capacité réelle ne peut pas être supérieure à environ 85 % de la capacité de conception sans provoquer d'importantes files d'attente.

9.7 Les facteurs qui déterminent la capacité

Comme on l'a vu aux sections 9.6 et 9.7, la capacité dépend d'abord et avant tout :

1) Du temps qu'il faut pour réaliser la transformation d'un intrant en extrant, et ce qu'il s'agisse d'un bien tangible à produire, d'informations à traiter ou d'un client à servir;

2) Du nombre de ressources dont on dispose pour réaliser cette transformation, que ce soit de l'équipement disponible, de l'espace dont on dispose ou des personnes qui réalisent le travail;

3) Du processus de transformation, ce qui inclut le degré de division du travail et ses conséquences sur la capacité : goulots d'étranglement qui réduisent le taux d'utilisation des postes non-goulot, ou encore temps passé au transport des produits d'un poste de travail à l'autre;

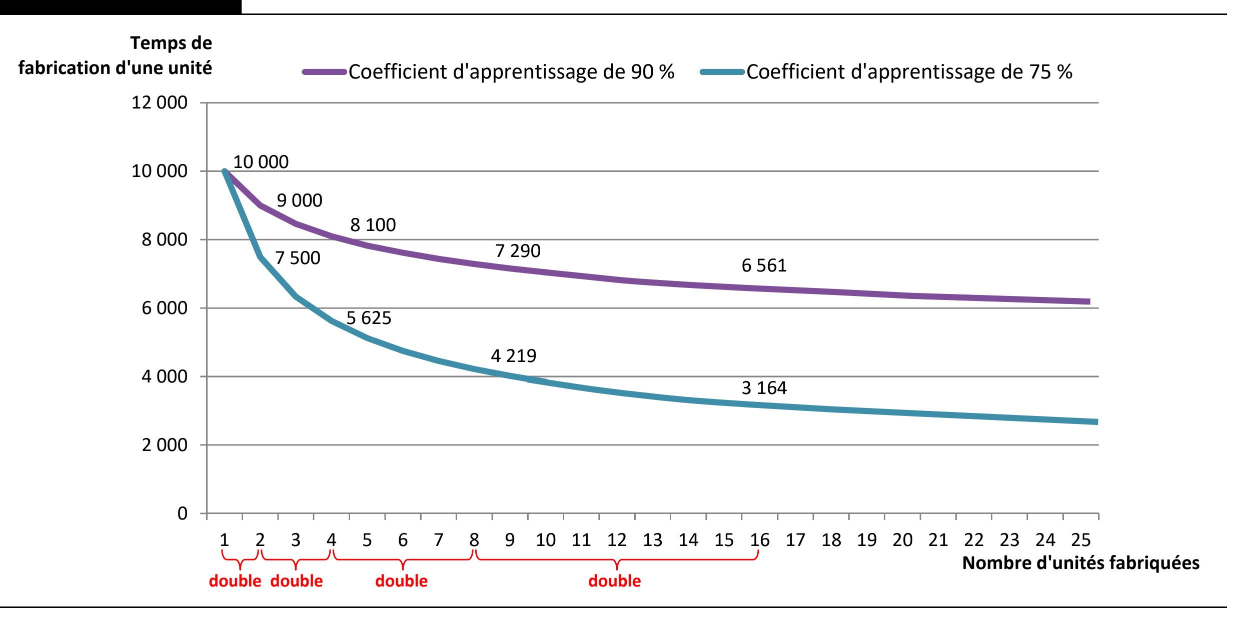
4) Des arrêts ou ralentissements possibles, qu'ils soient jugés nécessaires (repos et formation des employés, entretien préventif de l'équipement, etc.) ou non (absentéisme, grève du zèle, pannes d'équipement, pénuries de matières premières…). On peut ajouter ici toutes les sources de temps improductifs : procédés et processus inefficients, produits qu'il faut retravailler parce qu'ils présentent des défauts, déplacements inutiles, etc.

La capacité dépend aussi :

5) Des heures travaillées : une usine fonctionnant sur deux ou trois quarts (ou factions) de travail plutôt qu'un seul a une capacité double ou triple par rapport à celle qui n'opère que sur un seul quart. Dans les entreprises de services, la capacité dépend aussi des heures d'ouverture pendant lesquelles il est possible de recevoir les services;

6) Du phénomène d'apprentissage : le temps requis pour exécuter une tâche diminue avec l'expertise et l'expérience acquises par les individus qui l'accomplissent. Ainsi, les premières unités transformées requièrent plus de temps que les suivantes, et il est possible de mesurer de façon empirique le coefficient d'apprentissage (ou sa réciproque, le taux d'amélioration) d'un employé ou d'une équipe de travail. Si l'on représente graphiquement le temps requis pour chacune des unités fabriquées depuis la première, on obtient des courbes semblables à celles présentées à la figure 9.8, qui montrent qu'à chaque doublement du volume de production d'un produit, le temps de main-d'œuvre requis pour la dernière unité fabriquée diminue d'un taux constant (ici, de 10 % et 25 %, ce qui correspond à des coefficients d'apprentissage de 90 % et 75 %).

Figure 9.8 **La courbe d'apprentissage**



Dans les exemples de la figure 9.8, s'il a fallu 10 000 heures-personnes pour fabriquer la 1re unité et 9 000 heures-personnes pour fabriquer la 2e unité, alors le coefficient d'apprentissage est de 90 %, et il faudra 8 100 heures pour fabriquer la 4e unité (soit 90 % du temps de fabrication de la 2e), 7 290 heures-personnes pour fabriquer la 8e unité (soit 90 % du temps de fabrication de la 4e), 6 561 heures-personnes pour la 16e (soit 90 % du temps de fabrication de la 8e), etc. S'il a fallu 10 000 heures-personnes pour fabriquer la 1re unité et 7 500 heures-personnes pour fabriquer la 2e unité, alors le coefficient d'apprentissage est de 75 %, et il faudra 5 625 heures-personnes pour fabriquer la 4e, 4 212 pour la 8e, etc.[43] Le coefficient d'apprentissage varie d'une situation à l'autre (complexité du produit, similarité avec d'autres produits, expérience et expertise des employés, etc.) et doit être calculé à partir du temps de production des premières unités fabriquées.

Le phénomène d'apprentissage est toujours présent, quelle que soit la tâche considérée (à moins qu'elle soit entièrement automatisée ou robotisée). S'il s'agit d'une tâche courte et répétée de nombreuses fois – comme dans l'exemple de l'assemblage des sacs d'école, vu plus tôt dans ce chapitre –, on atteint rapidement un grand nombre d'unités fabriquées et le temps de fabrication de chaque unité devient relativement stable, comme en fait état la figure 9.8. (D'ailleurs, ce n'est qu'une fois qu'on a atteint ce quasi-plateau qu'on devrait procéder à la mesure par chronométrage pour calculer le temps standard.) Toutefois, dans le cas des tâches très longues et complexes, ou de produits dont on ne fabrique que quelques dizaines d'unités, la prise en compte du coefficient d'apprentissage est extrêmement importante pour évaluer la capacité, les délais de production et le coût de revient. Par exemple, pour la fabrication d'avions ou de wagons de

[43] Si l'on représente les données de la figure 9.8 sur une échelle logarithmique, on trouve une droite dont l'équation est $\log y = \log a + b \log x$, où a est le temps de la 1re unité fabriquée, x est le nombre d'unités fabriquées depuis le début (la xe unité), y est le temps qu'il faut pour réaliser cette x^e unité et b est la pente de la droite. Une fois que la valeur de b a été déterminée, on peut trouver n'importe quelle valeur de y par l'équation $y = ax^b$.

métro, laquelle requiert des milliers d'heures-personnes, si l'on calculait le temps nécessaire pour fabriquer dix unités à partir du temps qu'il a fallu pour fabriquer la première unité, on surestimerait de beaucoup les coûts et les délais[44].

7) De la gamme de produits et la taille des lots fabriqués : dans les entreprises qui fabriquent une grande variété de produits à partir des mêmes installations, le passage d'un produit à l'autre entraîne souvent la nécessité de procéder à une mise en route. Tel qu'indiqué au chapitre 3, la mise en route comprend toutes les étapes qui doivent être réalisées avant qu'on puisse se mettre à produire, et éventuellement certaines des étapes qui doivent être réalisées à la fin de la production. Prenons l'exemple d'une entreprise qui fabrique des pièces de plastique moulées par injection, telles que des boîtiers de séchoirs à cheveux : il faut commencer par ouvrir la mouleuse, installer le moule correspondant à la pièce à fabriquer (il s'agit de moules en acier très lourds et qui doivent être ajustés avec soin), chauffer le moule, peser et ajouter le granulé de plastique dans l'entonnoir d'alimentation, chauffer le granulé pour le faire fondre, puis faire quelques tests de moulage avant de pouvoir commencer la production proprement dite. Une fois que le lot est complété, il faut retirer le moule, le nettoyer et le ranger, enlever le surplus de granulés et bien vidanger l'appareil (surtout si l'on change de couleur de plastique d'un lot à l'autre). Toutes ces étapes peuvent prendre au total plus de deux heures, un temps improductif pendant lequel la capacité de l'appareil est perdue.





[44] Par exemple, si le temps de fabrication de la 1re unité est de 10 000 heures-personnes et que le coefficient d'apprentissage est de 90 %, le temps cumulé pour fabriquer les dix premières unités sera de 79 940 heures-personnes. Si le coefficient d'apprentissage est de 75 %, le temps cumulé pour fabriquer les dix premières unités sera de 55 990 heure-personnes. Dans les deux cas, on est très loin de l'évaluation qu'on aurait faite en multipliant par dix le temps de fabrication de la première unité.

La capacité de chaque mouleuse varie donc considérablement selon le nombre de mises en route qui doivent être faites. Or, ce nombre dépend directement de la variété des produits à fabriquer (si tous les boîtiers sont de la même couleur ou du même modèle, on n'a pas souvent à vidanger l'appareil ou à changer de moule) et de la taille des lots fabriqués. Le tableau 9.1 montre l'impact de la taille de lot sur la capacité dans l'exemple des pièces moulées, si l'on suppose qu'il faut deux heures pour faire la mise en route de l'appareil et 30 secondes pour mouler chacune des unités. Les capacités calculées sont pour une semaine d'opération continue pendant cinq jours (soit 7 200 minutes), sans aucune interruption. Par exemple, si on fabrique des lots de 1 000 unités, il faut compter 120 minutes pour la mise en route et 500 minutes pour le moulage des 1 000 pièces, pour un total de 620 minutes. Ainsi, le temps par unité (incluant l'imputation du temps de mise en route) est de 0,62 minutes, et la capacité hebdomadaire est de 11 613 unités. Comme on peut le constater, la fabrication de lots de 250 unités plutôt que de lots de 1 000 unités fait passer la capacité hebdomadaire de 11 613 unités à 7 347 unités, une baisse de 37 %. Par contre, augmenter la taille de lot a normalement pour conséquence d'augmenter les stocks. Tel que vu au chapitre 3, on peut faire l'arbitrage entre le coût de stockage et le coût de mise en route en calculant une quantité économique à fabriquer (le coût de mise en route devenant ici l'équivalent du coût de commande). Mais la décision est rendue plus compliquée par la variété de produits : pour un niveau de vente équivalent, devoir produire des boîtiers de plusieurs couleurs ou de plusieurs modèles différents multiplie le nombre de mises en route. Ce point est souvent l'objet de débats entre les gestionnaires des opérations – qui préféreraient de beaucoup réduire la variété de produits pour réduire les temps improductifs – et les gestionnaires du marketing, qui soutiennent qu'une plus grande variété de produits génère davantage de ventes.

Tableau 9.1 **Impact du nombre de mises en route et du temps de mise en route sur la capacité**

LOTS	Mise en route : deux heures Temps unitaire de fabrication : 0,5 min.		Mise en route : une heure Temps unitaire de fabrication : 0,5 min.	
	Temps par unité	Capacité pour une semaine de 7 200 minutes	Temps par unité	Capacité pour une semaine de 7 200 minutes
Lots de 1 000 unités	0,62 min.	11 613 unités	0,56 min.	12 857 unités
Lots de 500 unités	0,74 min.	9 730 unités	0,62 min.	11 613 unités
Lots de 250 unités	0,98 min.	7 347 unités	0,74 min.	9 730 unités
Lots de 100 unités	1,7 min.	4 235 unités	1,1 min.	6 545 unités
Lots de 50 unités	2,9 min.	2 483 unités	1,7 min.	4 235 unités

Une façon de concilier ces deux objectifs est d'agir sur le temps requis pour chacune des mises en route. Comme le montre la colonne de droite du tableau 9.1, si l'on réduit à une heure le temps de mise en route, on peut maintenant produire des lots de 500 unités en ayant la même capacité que lorsque l'on produisait des lots de 1 000 unités. Autrement dit, réduire le temps de mise en route permet d'augmenter le nombre de mises en route sans trop sacrifier de capacité. Mais comment y parvenir? Il s'agit de faire une étude des méthodes portant spécifiquement sur les activités de mise en route, puis de chercher à les améliorer[45]. Par exemple, dans le cas d'une mouleuse par injection, on

[45] La démarche de réduction des temps de mise en route est souvent désignée par l'acronyme *SMED*, pour S*ingle Minute Exchange of Die* (littéralement, « changement de la matrice en moins de 10 minutes »). La méthode SMED a été développée vers 1950 par Shigeo Shingo, un ingénieur qui travaillait pour Toyota et qui est à l'origine de plusieurs pratiques faisant partie de ce qu'on a appelé le *Système de production de Toyota*.

pourrait s'assurer que tous les outils pour procéder au changement de moule sont disponibles sans qu'on ait à les chercher, que le prochain moule ait déjà été apporté tout près de l'appareil avant même que le lot précédent soit terminé, que le granulé ait déjà été pesé et soit prêt à mettre dans l'entonnoir, etc. Certaines entreprises vont même préchauffer les moules et installer un moule déjà chaud pour réduire le temps d'arrêt de l'appareil. Une observation très fine et une analyse détaillée des tâches liées aux mises en route peuvent permettre de réduire de manière substantielle le temps de mise en route. En outre, le temps de mise en route devrait être considéré au moment de l'achat de l'équipement : certains appareils sophistiqués et à haute vitesse de production ont aussi des temps de mise en route plus élevés et ne sont vraiment utiles que si l'on produit des lots de grande taille.

9.8 La gestion de la capacité

Pendant une bonne partie du XXe siècle, les décisions relatives à la capacité avaient souvent pour motif de réduire le coût de revient des produits et services en réalisant des économies d'échelle. En effet, lorsqu'on produit davantage, il est possible d'amortir les frais fixes de fabrication et d'administration sur un plus grand nombre d'unités, ce qui permet soit de réduire le prix de vente, soit d'augmenter la marge de profit. Mais encore faut-il qu'il y ait une demande pour ces produits et services. Les choix de capacité devraient avant tout tenir compte de la demande et des éléments de la stratégie d'entreprise qui sont susceptibles de l'influencer (stratégie de prix, part du marché qu'on souhaite occuper, etc.).

«Est-ce qu'on peut fabriquer un milliard de bidules en une semaine?»

Ce sont les décisions prises en matière de capacité qui permettront de répondre ou non à la demande. D'un côté, une capacité insuffisante (ou sous-capacité) fait perdre des ventes – et éventuellement, des profits. D'un autre côté, un surplus de capacité (ou surcapacité) représente des coûts inutiles (espace, équipement ou personnel excédentaire). La détermination du bon niveau de capacité a donc des conséquences importantes sur le succès de l'organisation, et sur sa viabilité même.

À court terme, et dans la mesure où l'équipement nécessaire est disponible, on peut faire varier la capacité en ayant recours au temps supplémentaire, ou encore à des employés à temps partiel ou sur appel. Dans certains cas, il peut être possible de louer temporairement l'espace ou l'équipement manquant, mais les possibilités d'ajout de capacité sont habituellement limitées.

À moyen terme, c'est lors de la préparation du plan global de production (PGP, voir le chapitre 4) qu'on tiendra compte des prévisions mensuelles de demande et des saisonnalités. On pourra alors avoir recours aux variations de personnel (embauches et mises à pied, ajout de quarts de travail, temps supplémentaire) pour ajuster l'offre à la demande, ou encore stocker les produits fabriqués lorsque la demande est plus faible et les vendre lorsque la demande est plus élevée. Dans le cas des entreprises de services,

à défaut de pouvoir stocker les produits, on « stockera » les clients en créant des listes d'attente (par exemple de patients qui attendent pour une chirurgie ou de clients qui attendent que leur entrepreneur en construction soit disponible pour venir effectuer des rénovations). On pourra aussi augmenter les heures d'ouverture, comme c'est le cas des détaillants qui sont en opération tous les soirs durant les semaines précédant Noël. Dans le cas de services ou de produits périssables jugés essentiels (par exemple la production et la distribution d'électricité ou les services ambulanciers), on fixera la capacité en fonction de la demande maximale, quitte à ce que cette capacité soit perdue ou moins bien utilisée pendant les périodes creuses.

Par ailleurs, s'il est impossible de faire varier suffisamment la capacité pour qu'elle s'ajuste à la demande, il est parfois possible d'agir sur la demande pour en réduire les variations et mieux utiliser la capacité disponible. C'est ce qu'on appelle le *lissage de la demande*. Par exemple, dans les entreprises de services, on utilise souvent des stratégies de prix différenciés : lorsque la demande dépasse l'offre, on augmente les prix pour maximiser les profits à cette période et inciter les segments de clientèle sensibles au prix à venir consommer le service pendant les périodes creuses, alors que le service est offert à meilleur marché. Les salles de cinéma, les compagnies aériennes et les hôtels, pour n'en nommer que quelques-uns, adoptent souvent ces stratégies de prix différenciés. Dans d'autres cas, on laissera la demande s'ajuster d'elle-même : lorsque c'est possible, les automobilistes modifient leurs heures de déplacement pour éviter l'encombrement sur les ponts ou les autoroutes, et les consommateurs évitent les heures de pointe des commerces pour ne pas faire la file à la caisse.

Les entreprises peuvent aussi avoir recours à la sous-traitance ou à l'impartition : dans ce cas, on achète la capacité disponible d'un tiers pour combler ses manques. C'est toutefois une tactique qui doit être décidée suffisamment à l'avance pour qu'on ait eu le temps de sélectionner un sous-traitant fiable. Notons qu'en matière de capacité, la sous-traitance n'est pas une solution miracle : les périodes de pointe sont normalement les mêmes pour toutes les entreprises d'un même secteur d'activités, et les sous-traitants risquent d'être débordés eux aussi et de ne pas pouvoir fournir l'aide requise, à moins qu'on soit prêt à y mettre le prix ou qu'on ait négocié des ententes longtemps à l'avance.

À plus long terme, les décisions de capacité entraînent l'achat d'équipement supplémentaire (ou sa revente), l'agrandissement des installations actuelles (ou leur réduction), ou encore la construction de nouvelles installations (ou la fermeture d'installations actuelles). Dans les entreprises de services où le client doit se rendre sur place pour obtenir le service, on ajoutera ou l'on réduira le nombre de succursales. Dans tous les cas, il s'agit de décisions difficiles à modifier et qui ont des conséquences majeures. Augmenter la capacité constitue aussi un investissement important pouvant requérir des emprunts ou le report d'autres projets. Idéalement, ces décisions devraient pouvoir s'appuyer sur de bonnes prévisions de la demande à long terme; malheureusement, la marge d'erreur de ces prévisions est toujours bien plus élevée que pour les prévisions à court terme. Autrement dit, les décisions relatives à la capacité à long terme entraînent toujours un risque.

Une façon d'évaluer ce risque et de faire des choix plus éclairés consiste à élaborer des scénarios pour chacune des options. Le tableau 9.2 reprend l'exemple de l'entreprise qui fabrique des boîtiers en plastique moulé. On évalue la capacité réelle de la mouleuse actuelle à 300 000 unités par année (et ce, en opérant 24 heures par jour, cinq jours par semaine) et l'on considère présentement la possibilité d'ajouter une deuxième mouleuse,

ce qui doublerait le coût fixe annuel lié à l'appareil (aux fins de l'exemple, les autres coûts fixes et variables sont considérés comme constants). À partir des informations disponibles sur la marge bénéficiaire brute, on peut ensuite calculer le profit ou la perte correspondant à différents niveaux de demande. Comme on le voit, n'avoir qu'une mouleuse limite le profit brut à 80 000 $ et ne permet pas de profiter d'une demande annuelle supérieure à 300 000 unités par année. L'ajout d'un deuxième appareil sera très profitable si la demande est élevée, mais générera des pertes ou une baisse du profit si la demande est faible. Si l'on est en mesure d'estimer la probabilité de chacun des niveaux de demande, on pourra calculer l'espérance de gain (ou de perte) de chacune des options avant de prendre une décision. Une autre méthode consiste à calculer le seuil de rentabilité de l'achat d'un second appareil, c'est-à-dire le nombre d'unités à partir duquel les ventes supplémentaires permettent d'amortir les frais variables et les frais fixes, et où la deuxième mouleuse commence donc à être rentable.

Tableau 9.2 **Comparaison des profits générés par deux options en matière de capacité**[46]

Options	UNE MOULEUSE Capacité réelle : 300 000 unités par année	DEUX MOULEUSES Capacité réelle : 600 000 unités par année
Coûts :	*Coût de la mouleuse (fixe) : 70 000 $* *Marge sur coût variable : 0,50 $ par unité*	*Coût des deux mouleuses (fixe) : 140 000 $* *Marge sur coût variable : 0,50 $ par unité*
Demande annuelle = 200 000 unités	Profit de 30 000 $ (200 000 $ × 0,50 $) – 70 000 $	Perte de 40 000 $ (200 000 $ × 0,50 $) – 140 000 $
Demande annuelle = 300 000 unités	Profit de 80 000 $ (300 000 $ × 0,50 $) – 70 000 $	Profit de 10 000 $ (300 000 $ × 0,50 $) – 140 000 $
Demande annuelle = 400 000 unités	Profit de 80 000 $ (300 000 $ × 0,50 $) – 70 000 $	Profit de 60 000 $ (400 000 $ × 0,50 $) – 140 000 $
Demande annuelle = 500 000 unités	Profit de 80 000 $ (300 000 $ × 0,50 $) – 70 000 $	Profit de 110 000 $ (500 000 $ × 0,50 $) – 140 000 $
Demande annuelle = 600 000 unités	Profit de 80 000 $ (300 000 $ × 0,50 $) – 70 000 $	Profit de 160 000 $ (600 000 $ × 0,50 $) – 140 000 $

Il est toujours possible de limiter le risque en n'augmentant la capacité qu'une fois que la croissance de la demande s'est avérée. Toutefois, une telle approche réactive présente aussi des dangers. Il faut du temps pour pouvoir augmenter substantiellement la capacité (plusieurs semaines ou plusieurs mois pour l'achat d'équipement ou les agrandissements, plusieurs années pour la construction de nouvelles installations), et si les

[46] Note : les calculs présentés ici sont assez grossiers et ne servent qu'à illustrer les concepts. Il va de soi qu'en réalité, la comparaison de scénarios requiert une analyse comptable et financière bien plus développée.

entreprises concurrentes ont, elles, adopté une approche proactive, elles pourront s'emparer de la demande supplémentaire, et notre nouvelle capacité arrivera trop tard.

Dans le même esprit, augmenter la capacité de manière graduelle est moins risqué que de la doubler ou la tripler d'un seul coup. Cependant, les augmentations graduelles ne sont pas toujours possibles. Dans le cas d'un processus de production de masse constitué d'une longue chaîne de montage dont les étapes sont équilibrées et qui a déjà atteint sa cadence maximale, la seule option est d'ajouter une deuxième chaîne fonctionnant en parallèle. C'est encore plus vrai dans le cas de processus de type « traitement en continu » qui fonctionnent déjà jour et nuit. Par exemple, quand une centrale hydro-électrique a atteint sa capacité maximale, on ne peut répondre à une demande croissante qu'en construisant d'autres barrages et d'autres centrales. À cet égard, les processus discontinus (ou interrompus) offrent souvent plus de flexibilité : il peut suffire d'ajouter quelques postes de travail aux étapes limitatives pour augmenter un peu la capacité, puis de répéter au besoin.

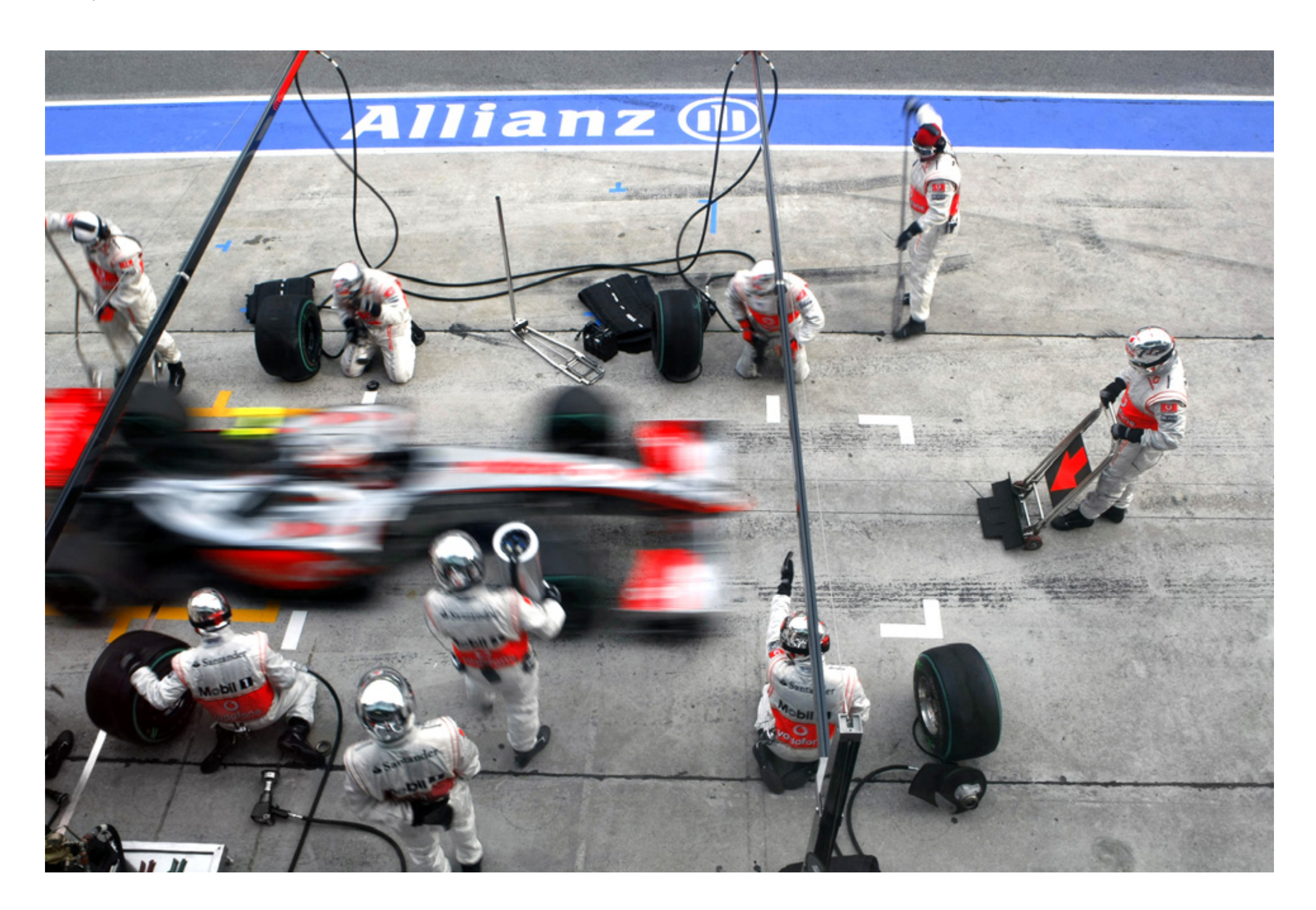
9.9 Synthèse du chapitre

L'organisation du travail – et éventuellement, son amélioration – constitue l'aspect le plus concret et le plus immédiat de la conception des systèmes opérationnels. C'est à ce moment qu'on décide comment on va vraiment s'installer et se coordonner pour réaliser les tâches à faire, et quelles méthodes de travail on va utiliser. Les choix qui sont faits à cette étape ont des conséquences sur l'efficacité et l'efficience des opérations, sur le coût de revient des produits et services, sur les conditions de travail des employés et sur la capacité. Les méthodes d'étude, de mesure et d'amélioration du travail vues dans ce chapitre ont l'avantage de s'appliquer à toute forme de travail, qu'il s'agisse de transformation de matières premières en produits finis ou d'opérations de service, d'entreprises privées ou du secteur public, et même d'activités non liées à la production. En ce sens, la compréhension des principes d'organisation du travail est utile à tout gestionnaire, quelle que soit la fonction qu'il occupe, et ce, d'autant plus que les enjeux en sont à la fois économiques, humains et sociétaux.

De plus, dans le cas des entreprises où le client doit se rendre sur place pour obtenir le service, l'organisation du travail influence directement sa satisfaction. D'abord, le client est témoin du travail des employés, et sa perception de l'organisation (ou de la désorganisation) du travail aura un impact sur l'image qu'il se fait de l'entreprise. Plus encore, si on lui demande de participer à la réalisation du service (ou de tout faire lui-même, comme dans le cas du libre-service), c'est lui qui devra composer avec un système opérationnel bien ou mal conçu. Pensons simplement à une visite au restaurant : dès l'entrée, le client sait-il s'il peut aller s'asseoir directement à la table de son choix ou s'il doit attendre qu'on lui désigne une place? Peut-il facilement savoir s'il existe un vestiaire et y accéder aisément? S'il s'agit d'un restaurant de type buffet, les plats sont-ils disposés dans un ordre qui respecte la logique de consommation d'un repas et qui regroupe des aliments du même genre (par exemple les crudités, les fromages, etc.)? Le client peut-il bien identifier chaque plat et ses ingrédients? Les ustensiles de service sont-ils présents et adéquats? L'espace de circulation est-il suffisant, sans être excessif? Les toilettes sont-elles faciles à trouver et en bon état? Le client doit-il attendre son addition, payer à sa table ou se rendre à la caisse lorsqu'il a terminé? Un système de service bien conçu se traduira par une expérience positive où le client (ou le bénéficiaire) du service n'aura

cependant pas conscience de tout ce qui a été mis en place pour rendre une telle expérience possible. Ce sont les lacunes d'un système mal conçu qui seront remarquées et entacheront la perception de la qualité du service.

Par ailleurs, l'organisation du travail a un impact déterminant sur la capacité des systèmes opérationnels, et en particulier la décision de diviser ou non le travail. Si la division technique du travail présente des avantages indéniables et qu'elle s'impose dans le cas de tâches un tant soit peu complexes, elle exige d'être à l'affût des goulots d'étranglement et de bien gérer l'équilibrage entre les étapes pour augmenter le taux d'utilisation des postes de travail. L'accumulation de produits en cours entre les étapes est aussi problématique, surtout dans les entreprises de services où c'est le client lui-même qui doit attendre. Les démarches d'amélioration des processus gagneront alors à se pencher sur la gestion du flux des produits et des clients. De plus, la réduction des temps improductifs peut permettre d'augmenter la capacité, en particulier lorsque celle-ci est limitée par le temps disponible d'une ressource critique. On a vu à quel point le temps total consacré aux mises en route réduisait la capacité de production. On peut comparer la mise en route à l'arrêt-ravitaillement des voitures de course : en étudiant et en préparant minutieusement les opérations réalisées lors de ces arrêts, on gagne de précieuses minutes. Dans le transport aérien, par exemple, on dit qu'« un avion au sol ne rapporte rien ». Alors, comme pour les voitures de course, toutes les opérations de nettoyage, d'inspection et de ravitaillement qui doivent avoir lieu entre deux vols sont optimisées de manière à minimiser le temps passé sur le tarmac des aéroports et à maximiser le temps de vol.



Les gestionnaires doivent régulièrement prendre des décisions quant à la capacité requise à court, moyen et long terme, tout en gardant en tête que le degré d'incertitude de la demande augmente avec l'horizon des prévisions. En plus des risques encourus, les arbitrages sont nombreux : une capacité élevée permet de profiter d'une demande élevée, mais elle augmente aussi les coûts (et il s'agit souvent de coûts fixes qu'il faut s'assurer de pouvoir amortir); une plus grande variété de produits peut séduire les clients et accroître la demande, mais elle entraîne davantage de mises en route; des lots plus grands permettent d'amortir les frais de mise en route mais augmentent les stocks; avoir recours à des sous-traitants permet d'acheter un supplément de capacité, mais à condition de trouver des sous-traitants fiables et capables d'atteindre les standards de qualité, et ce, à un coût raisonnable; augmenter la capacité permet d'obtenir des économies d'échelle, mais encore faut-il que la demande soit suffisante pour que l'on puisse utiliser toute cette capacité.

Notons qu'ici encore, la situation est différente dans plusieurs secteurs des services. Les situations de surcapacité éliminent ou réduisent les files d'attente, en plus d'améliorer le confort et l'intimité. Il est rare que le client apprécie être dans un établissement rempli à pleine capacité, et il ne rechignera pas à l'idée d'être dans un avion ou un autobus à demi vide, de voir des places libres autour de lui au cinéma ou au restaurant, d'un faible achalandage à l'urgence d'un l'hôpital, ou de pouvoir parler immédiatement à un agent sans que l'appel soit mis en attente. Du point de vue de la satisfaction du client, les entreprises de services n'ont pas nécessairement intérêt à opérer à pleine capacité, dans la mesure où elles peuvent néanmoins dégager de bonnes marges de profit. Ultimement, dans le cas des entreprises à but lucratif, l'enjeu principal est toujours le même : combien coûte l'ajout de capacité et combien peut-il rapporter (soit en générant des ventes supplémentaires ou en permettant un prix de vente plus élevé). Dans le secteur public ou les organisations à but non lucratif, on se demandera plutôt quel niveau de capacité les budgets actuels permettent-ils de s'offrir et combien les citoyens (ou les donateurs) sont-ils prêts à payer pour qu'on augmente la capacité.

Questions de révision

Vrai ou faux?

1.	L'organisation du travail comprend deux grands volets : l'étude du travail et la mesure du travail.	
2.	Dans le système de notation pour la représentation du travail qui est présenté dans ce chapitre, le triangle inversé représente une alternative.	
3.	Pour visualiser l'ordre des opérations d'un processus et les étapes réalisées en parallèle, le meilleur outil est le graphique de cheminement.	
4.	Le processus est un ensemble structuré d'activités ou de tâches, alors que le procédé est la manière particulière dont chaque activité ou tâche est effectuée.	
5.	Lorsqu'on attribue à un employé qui effectue une tâche un facteur d'allure de 110, c'est qu'on juge qu'il travaille plus rapidement qu'un employé moyen travaillant dans des conditions normales.	
6.	Si le facteur d'allure est de 85, le temps normalisé sera plus long que le temps observé moyen.	
7.	Lorsqu'un employé est remplacé par un autre qui n'a pas le même facteur d'allure que lui, il faut recalculer le temps standard.	
8.	Des trois types de majorations, la majoration pour fatigue est celle qui est la plus susceptible de varier beaucoup d'un type de tâche à l'autre.	
9.	Pour calculer le temps standard, il faut connaître le nombre d'employés qui effectueront la tâche.	
10.	La méthode par chronométrage ne s'applique qu'au travail industriel; dans les entreprises de services, on doit utiliser la méthode des observations instantanées (ou méthode du sondage).	
11.	L'étape qui constitue le goulot d'étranglement est celle où l'on retrouve le plus de produits en cours.	
12.	Si un processus séquentiel comporte un goulot d'étranglement, il est normalement inutile de forcer les étapes en amont à produire à pleine capacité.	
13.	Lorsqu'un même employé réalise un ensemble de tâches dont la durée est variable, la tâche dont la durée est la plus longue est le goulot d'étranglement.	
14.	Si le temps de cycle d'une étape est 12 minutes, cette étape a une cadence de cinq unités par heure.	
15.	Contrairement au temps de cycle, le temps standard ne varie pas en fonction du nombre de postes de travail assigné à chaque tâche.	
16.	Le recours à la division technique du travail entraîne de plus grands besoins en transport et en manutention des produits en cours.	

17.	Le ratio d'efficacité est le rapport entre la production réelle et la capacité de conception.	
18.	Si le temps de fabrication de la 10e unité est de 800 heures-personnes et que le temps de fabrication de la 11e unité est de 760 heures-personnes, alors le coefficient d'apprentissage est de 95 %.	
19.	La capacité est influencée à la fois par le nombre de mises en route et par le temps de chacune des mises en route.	
20.	Les économies d'échelle sont obtenues lorsqu'une augmentation de la capacité permet d'amortir les frais fixes de fabrication et d'administration sur un plus grand nombre d'unités fabriquées ou de clients servis.	
21.	Si la demande est de 250 000 unités par année et que la capacité est de 220 000 unités par année, alors on est en situation de surcapacité puisque la capacité dépasse la demande.	
22.	La fixation de prix différenciés permet d'agir sur la demande pour qu'elle corresponde davantage à la capacité.	
23.	En gestion de la capacité, l'approche proactive consiste à augmenter la capacité avant que la demande augmente, de manière à pouvoir y répondre rapidement.	
24.	Il est normalement plus facile d'augmenter graduellement la capacité d'un processus discontinu que celle d'un processus continu.	
25.	Dans les entreprises de services, chercher à maximiser le taux d'utilisation du système opérationnel peut se traduire par une baisse de satisfaction des clients.	

Questions de discussion

1. Félicitations! Vous venez d'obtenir le poste de Directeur des services comptables d'une grande organisation comptant plusieurs milliers d'employés. Lors de votre entrevue avec le PDG de l'entreprise, ce dernier a exprimé le souhait que vous rationalisiez les opérations du service que vous allez diriger. Vous décidez de vous attaquer en premier lieu au processus de traitement des comptes à recevoir. Comment allez-vous procéder? Lesquels des méthodes et concepts vus dans ce chapitre allez-vous utiliser?

2. Vous êtes dans un ascenseur avec six autres personnes. Au prochain arrêt, personne ne sort mais deux nouvelles personnes entrent. La capacité de l'ascenseur est de 12 passagers, alors il n'y a pas de danger; pourtant, tout le monde est maintenant un peu moins à l'aise et a davantage hâte de sortir. Expliquez.

3. Comment les concepts vus dans ce chapitre vous permettent-ils de mieux comprendre les enjeux liés à la construction de nouveaux ponts reliant les grandes villes et leurs banlieues situées sur d'autres rives, de même que les enjeux liés à l'implantation de péages sur ces ponts ou sur les nouvelles autoroutes?

Cas ASSUR-DIRECT

Simon Brodeur est conseiller interne en amélioration des processus chez Assur-Direct, une grande entreprise québécoise de vente directe d’assurance automobile. On vient de lui demander de revoir le processus de souscription téléphonique, et en particulier les opérations de contrôle des souscriptions.

Le processus d’affaires est déclenché par l’appel d’un client potentiel. Même si les clients potentiels peuvent demander une soumission en ligne (le site Internet est bien conçu pour ce faire), la majorité des clients préfèrent téléphoner. Puisqu’il s’agit d’un achat important, on aime parler directement à un agent, expliquer sa situation et essayer d’obtenir le prix le plus avantageux. L’agent qui reçoit l’appel suit un scénario comprenant une série de questions à poser. D’abord, il demande au client ses coordonnées (nom, adresse, téléphone, courriel…), puis la marque et le modèle du véhicule à assurer et l’utilisation qui en est faite. L’agent propose ensuite au client les protections les plus appropriées à sa situation puis le met en attente pendant quelques secondes, pendant lesquelles l’agent calcule le montant de la prime. L’agent fait alors la proposition au client et amorce le travail de vente proprement dit.



Si le client accepte l’offre et désire assurer immédiatement son véhicule, l’agent demande d’abord au client s’il accepte que la conversation soit enregistrée et s’il autorise Assur-Direct à vérifier les renseignements personnels le concernant. Il pose ensuite quelques questions qui permettent de déterminer si le client se qualifie pour une assurance automobile selon les normes fixées par Assur-Direct (par exemple, un client qui a eu deux accidents ou plus dans la dernière année n’est pas accepté). Si le client se qualifie, l’agent recueille ensuite toutes les informations requises pour la préparation du contrat d’assurance : description détaillée du véhicule, numéro de série, numéro de permis de conduire, mode de paiement désiré, adresse de l’institution financière et numéro de compte, etc. Tout au long du processus, l’agent complète le formulaire de souscription en tapant sur son clavier l’information fournie par le client.

Une fois la vente finalisée avec le client et toutes les informations saisies dans le système informatique, diverses opérations de contrôle sont exécutées. D’abord, des agents au service à la clientèle vérifient à l’écran que l’agent a bien offert au client tous les produits et avenants qui pouvaient s’appliquer à sa situation, et que toutes les informations recueillies sont cohérentes (par exemple, que la déclaration de distance quotidienne parcourue correspond au moins à la distance entre le domicile du client et son lieu de travail). Ensuite, des souscripteurs spécialisés revoient toutes les informations cruciales du contrat afin de déterminer si l’évaluation du risque a été faite correctement, celui-ci ayant un impact sur la prime à payer. Si tout est conforme aux normes d’Assur-Direct, le contrat est imprimé lors du traitement de nuit. Sinon, l’agent est informé des erreurs décelées et doit contacter le client, soit pour obtenir les informations manquantes, soit pour l’aviser d’un changement à l’entente. Après l’impression des contrats, un troisième contrôle est réalisé par le personnel administratif, qui écoute chacune des conversations enregistrées lors de la vente et en compare le contenu aux documents imprimés de manière à détecter toute erreur de saisie des données (il y a souvent des erreurs dans le nom ou l’adresse du client). L’agent est informé des erreurs et contacte le client, au besoin. Tous les documents sont retenus tant que toutes les informations ne sont pas exactes. Une fois les dernières corrections effectuées, les contrats sont réimprimés (au besoin) et mis à la poste.

De prime abord, Simon pense que le processus de vérification des contrats est bien long, mais selon le directeur du Service de souscription, ces étapes sont essentielles. En effet, le document final posté au client est un contrat qui lie les parties et en cas d’accident majeur, l’assuré peut réclamer des sommes substantielles. Le contrat doit donc être précis et sans erreur si l’on veut éviter les litiges. Simon croit toutefois qu’il doit bien être possible d’améliorer les choses…

Problèmes résolus

1. Un problème de base

Pour fabriquer le produit X, on utilise un processus composé de cinq opérations manuelles successives, chacune étant effectuée par un opérateur distinct. L'observation et la mesure du travail ont fourni les informations suivantes :

Opérations	1	2	3	4	5
Temps observés (en centièmes de minute)	125	95	85	118	82
	122	115	92	123	88
	128	90	88	116	77
	120	110	85	123	85
	125	105	90	125	83
Temps observé moyen	124	103	88	121	83
Facteur d'allure	75	110	95	100	120
Temps normalisé					
Majoration	15 %	10 %	20 %	20 %	10 %
Temps standard (en centièmes de minute)					
Temps de cycle (en minutes)					
Cadence (en unités par heure)					

1.1 Complétez le tableau en effectuant les calculs appropriés.

1.2 Quel est le temps standard de fabrication d'une unité complète du produit?

1.3 Quel est le temps de cycle de fabrication d'une unité complète du produit? Démontrez.

1.4 Quelle est la cadence du processus dans son ensemble? Démontrez.

1.5 Quelle est la capacité du processus en nombre d'unités produites pendant une journée normale de travail (8 heures ou 480 minutes)?

1.6 Si les postes de travail qui le peuvent travaillent à plein régime sans se préoccuper de l'existence possible d'un goulot d'étranglement, combien de produits en cours se seront accumulés après une heure de travail, et à quel endroit dans le processus? Quel sera alors le taux d'utilisation de la capacité de chaque poste de travail?

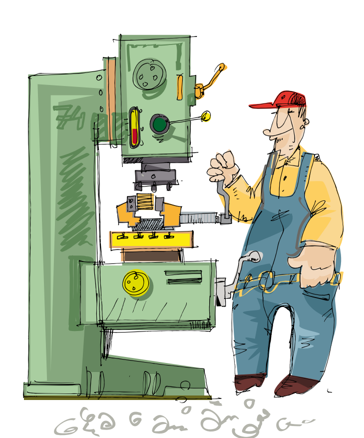
1.7 Si chaque opérateur effectuait l'ensemble des cinq opérations, quel serait alors le goulot d'étranglement? Justifiez votre réponse.

1.8 Si chaque opérateur effectuait l'ensemble des cinq opérations, quel serait alors le temps standard de fabrication d'une unité complète du produit? Justifiez votre réponse.

1.9 Si chaque opérateur effectuait l'ensemble des cinq opérations, quelle serait la capacité du processus pendant une journée normale de travail (8 heures ou 480 minutes)?

1.10 Expliquez pourquoi la capacité calculée à la sous-question 1.5 est différente de celle calculée à la sous-question 1.9.

2. Le fraisage de la pièce 2630



Un ouvrier exécute une opération sur la pièce 2630 à l'aide d'une fraiseuse verticale. Pour plusieurs raisons, vous désirez déterminer le temps standard (*TS*) de ce poste et procédez pour ce faire à une étude de temps en utilisant la méthode du chronométrage. Vous utilisez un chronomètre à minutes décimales calibré au centième de minute.

Vous avez divisé la tâche globale de l'ouvrier en sept éléments et procédé au nombre de lectures nécessaire. L'ordre des éléments a été établi de façon à faciliter les observations. Le facteur d'allure (*FA*) et les majorations ont été établis selon les politiques en vigueur dans l'entreprise. L'allure de référence est de 100. Les majorations appliquées sont :

- 5 % de majoration pour fatigue, appliquée à tout élément comportant l'humain;
- 5 % de majoration pour retards inévitables, appliquée sur les éléments machine;
- 12,5 % de majoration pour besoins personnels et repos, appliquée à tous les éléments.

Vous avez complété la feuille d'observation ci-dessous :



Opération : Fraisage pièce 2630 — Date : 17 mars 20XX — Début : 10 : 00 — Fin : 11 : 30
Opérateur : Alain Zacharek — Observateur : *votre nom*
Outil : Fraiseuse verticale # 4 — Notes : Chronométrage répétitif / rien à signaler

Nº	Élément	Temps observés (en minutes et centièmes de minute)					Nbre obs.	*TOM*	*FA*	*TN*	Majoration			*TS*
											5 %	5 %	12,5 %	
1	Poser la pièce dans la machine et démarrer	**0,45**	**0,52**	**0,47**	**0,50**	**0,51**			105		x	x	x	
		0,44	**0,45**	**0,48**	**0,47**	**0,51**								
2	Limer l'arête de la face à usiner	**0,24**	**0,25**	**0,22**	**0,20**	**0,22**			110		x		x	
		0,34	**0,17**	**0,20**	**0,16**	**0,30**								
3	Calibrer l'épaisseur sur la plaque d'ajustage	**0,63**	**0,58**	**0,59**	**0,69**	**0,59**			120		x		x	
		0,61	**0,58**	**0,57**	**0,62**	**0,61**								
4	Attendre l'opération par la machine	**1,05**	**1,05**	**1,05**	**1,05**	**1,05**			100			x	x	
5	Arrêter la machine et retirer la pièce	**0,32**	**0,26**	**0,27**	**0,31**	**0,34**			80		x	x	x	
		0,28	**0,30**	**0,24**	**0,22**	**0,26**								
6	Vérifier la pièce et la placer dans la boîte	**1,02**	**0,80**	**0,75**	**0,76**	**0,79**			80		x		x	
		0,80	**0,81**	**0,75**	**0,74**	**0,78**								
7	Nettoyer la table de la machine	**0,32**	**0,38**	**0,40**	**0,35**	**0,36**			100		x	x	x	
		0,38	**0,33**	**0,38**	**0,30**	**0,40**								

2.1 Déterminez le temps standard de cette tâche.

2.2 Combien d'unités ce poste de travail peut-il produire pendant un quart de travail de huit heures?

2.3 Vous faites quelques recherches sur la méthode utilisée pour le fraisage et découvrez qu'un nouvel appareil permettrait d'éliminer le limage manuel de l'arête et le calibrage de l'épaisseur, ces deux éléments pouvant se faire automatiquement. Par contre, ce nouveau procédé augmenterait l'élément 4 (« attendre l'opération par la machine ») de 0,20 minute. Déterminez le nouveau temps standard et la nouvelle capacité quotidienne.

2.4 Quels autres éléments devraient influencer la décision de procéder ou non au changement de méthode suggéré en 2.3?

3. Les coffrets pour le Carnaval de Québec

Pour financer leur bal de finissants et avec la tenue prochaine du Carnaval de Québec, un groupe d'étudiants en gestion des opérations décide de préparer des coffrets faisant la promotion du traditionnel « caribou » et de les mettre en marché. Trois modèles de coffret seront mis en marché :

Modèle 1	Une bouteille de caribou et une carte du Vieux-Québec, tous deux placés dans un coffret en bois scellé à la cire.
Modèle 2	Une bouteille de caribou, une carte du Vieux-Québec et un porte-clés du Bonhomme Carnaval, tous trois placés dans un coffret en bois scellé à la cire.
Modèle 3	Une bouteille de caribou, une carte du Vieux-Québec, un porte-clés du Bonhomme Carnaval et une ceinture fléchée, tous les quatre placés dans un coffret en bois scellé à la cire.

La Maison des Alcools du Québec (MAQ) a accepté le projet des étudiants et leur fournira les bouteilles de caribou au prix de 16 $ chacune. Les étudiants ont trouvé un fournisseur pour les coffrets (2,10 $ l'unité, incluant la paille d'emballage), les porte-clés du Bonhomme Carnaval (2,25 $ l'unité), les cartes du Vieux-Québec (1,40 $ l'unité) et les ceintures fléchées (122,40 $ la boîte de 12 unités). Les étudiants prévoient rémunérer ceux qui feront l'assemblage des coffrets au taux horaire de 12 $.

Soucieux d'évaluer le plus précisément possible leur coût de revient, les étudiants ont procédé à une mesure du travail par chronométrage, qui fournit les résultats suivants :

Opérations	Temps observés (en centièmes de minute)					*FA*
Prendre un coffret et le tapisser de paille	72	76	71	85	67	110
Disposer la bouteille de caribou	25	28	25	26	26	90
Disposer la carte du Vieux-Québec	23	21	21	25	24	110
Disposer le porte-clés	14	18	15	13	16	100
Disposer la ceinture fléchée	92	96	88	86	94	85
Refermer le coffret et le sceller	87	88	93	96	84	100

Dès que 12 coffrets sont complétés, ils sont placés dans une caisse d'expédition qui est scellée et étiquetée (les caisses et étiquettes sont fournies par la MAQ). Cette opération requiert en moyenne 126 centièmes de minute, à un facteur d'allure de 110. De plus, on doit compter une majoration de repos représentant 15 % du temps travaillé. L'organisation actuelle du travail prévoit que chaque étudiant embauché fera l'ensemble des tâches d'assemblage.

Le prix de vente des trois modèles sera : Modèle 1 : 25 $ l'unité
Modèle 2 : 29 $ l'unité
Modèle 3 : 40 $ l'unité

3.1 Quel est le temps standard d'assemblage de chacun des modèles?

3.2 À partir des informations disponibles, calculez le coût de revient de chacun des modèles et le profit qu'il génère.

3.3 S'il vous est impossible de prévoir la demande relative de chacun des modèles, lequel des trois modèles devriez-vous stocker en plus grande quantité pour minimiser les risques? Justifiez bien votre réponse.

3.4 Finalement, les ventes des trois modèles dépassent toutes les espérances mais le recrutement des étudiants travailleurs, lui, est plus difficile que prévu (tout le monde prépare ses examens intra-semestriels!). En situation de capacité limitée, auquel des trois modèles devrait-on donner la priorité? Justifiez bien votre réponse.

3.5 Vous croyez qu'on pourrait améliorer la productivité pour la fabrication du modèle 3 si l'on créait une chaîne d'assemblage. Selon vous, quelle serait la meilleure configuration pour une telle chaîne? Combien comptera-t-elle d'employés et quelles tâches chacun va-t-il effectuer?

4. Équipements BBQ inc.

Vous êtes superviseur des opérations chez Équipements BBQ inc., une entreprise spécialisée dans la fabrication de BBQ au gaz propane et au gaz naturel. L'entreprise offre une gamme complète d'unités en acier trempé et en acier inoxydable dont la puissance varie de 24 000 à 80 000 BTU.

À la section de finition et d'emballage, le processus est composé des opérations décrites au tableau ci-dessous. L'entreprise fonctionne sur deux quarts de travail de sept heures chacun, soit un quart de jour et un quart de soir, et ce, cinq jours par semaine. Le tableau fournit les noms des employés assignés à chacune des opérations pendant les deux quarts de travail.

Opérations	Description (et unité de référence)	Temps standard de l'opération (en minutes)	Employés (quart de jour)	Employés (quart de soir)	Cadence (en boîtes/heure)
A	Manutention des pièces en provenance de la section de fabrication (1 boîte)	9	Simon	Marc	
B	Préemballage des pièces en vue de la mise en boîte (1 boîte)	28	Rachid et Daniel	Luc et Louis	
C	Manutention et préparation de la boîte d'emballage (1 boîte)	7	Karine	Alice	
D	Insertion des pièces dans la boîte selon la séquence prédéterminée (1 boîte)	21	Nadia et Sophie	Charles et Jean	
E	Inspection visuelle des pièces et validation du contenu (1 boîte inspectée sur 6)	36	Roger (à 70 % de son temps)	Annie (à 70 % de son temps)	
F	Fermeture de la boîte, identification de la commande de référence et étiquetage (1 boîte)	7	William	Alexandre	
G	Transport des boîtes vers l'entrepôt (1 palette de 12 boîtes)	8	Roger (à 30 % de son temps)	Annie (à 30 % de son temps)	

4.1 Calculez la cadence de chaque opération et complétez la dernière colonne du tableau précédent. Quelle est la capacité de la section de finition et d'emballage par semaine de 70 heures de travail, compte tenu de l'organisation actuelle des opérations?

4.2 Après de multiples analyses, votre nouvel assistant vous informe que le problème du processus actuel est qu'il comporte plusieurs goulots d'étranglement. Que pensez-vous de cette affirmation? Justifiez bien votre réponse.

4.3 Si l'ensemble des opérations s'ajuste à la vitesse du goulot, quel est le taux d'utilisation de l'opération F?

4.4 Vous venez d'apprendre que quatre employés additionnels seront affectés aux activités de la section de finition et d'emballage (c'est-à-dire, deux employés de jour et deux employés de soir). Si l'objectif est d'augmenter la capacité de la section, à quelles opérations devraient-ils être affectés, en ordre de priorité? Quelle serait alors la capacité hebdomadaire de la section avec l'ajout de ces quatre employés? Note : chacun des nouveaux employés doit être assigné à une seule opération; ils ne peuvent pas partager leur temps entre deux opérations comme le font Roger et Annie.

4.5 Que pensez-vous de ces ajouts de personnel? Vous semblent-t-ils avantageux?

5. Routech inc.

Routech inc. est un fabricant de roues de vélo dont les produits sont vendus aux fabricants de vélos tels que Lucky Mountain, mais aussi directement aux détaillants, comme pièces de rechange pour les propriétaires de vélos. Dernièrement, les dirigeants de l'entreprise se demandaient si la capacité de l'usine serait toujours suffisante. En effet, la demande provenant des fabricants augmente constamment, de même que les ventes au détail des roues, et ce, grâce aux efforts de l'équipe marketing et aux nombreux programmes de commandites d'événement sportif mis en place.

Pierre-Luc Bérubé, le vice-président exécutif de l'entreprise, considère les informations suivantes :

- Les prévisions de ventes pour l'année prochaine s'élèvent à 152 000 unités et l'on prévoit que dans trois ans, elles atteindront 225 000 unités.
- L'usine est en opération 16 heures par jour (deux quarts de travail de huit heures), cinq jours par semaine, 50 semaines par année.
- L'usine produit selon une stratégie de nivellement.
- La production réelle annuelle est égale aux ventes prévues.
- L'usine compte quatre cellules de fabrication pour la production des roues.
- Pour l'année prochaine, l'entreprise vise un taux d'efficacité de 87 %, et l'on prévoit que le taux d'utilisation du système sera de 76 %.

5.1 À l'aide des informations fournies, calculez la capacité de conception et la capacité réelle pour l'année qui vient.

5.2 Que pourrait faire M. Bérubé pour augmenter le taux d'utilisation du système à 80 %? Justifiez votre réponse à l'aide d'au moins trois éléments pertinents.

5.3 Considérant la hausse de la demande prévue dans trois ans, M. Bérubé réalise que l'usine n'aura pas la capacité nécessaire. Il évalue les deux options suivantes :

- Option 1. Ajouter deux cellules de production (la capacité de conception de ces nouvelles cellules serait de 50 000 unités par année et par cellule).
- Option 2. Ajouter un 3e quart de travail dans les quatre cellules existantes. L'usine fonctionnerait alors 24 heures par jour, 5 jours par semaine.

Quelle option recommandez-vous à M. Bérubé? Justifiez votre réponse, tant de manière quantitative que qualitative (pour les fins de cette sous-question, considérez que le taux d'efficacité et le taux d'utilisation du système demeureront stables).

6. La brasserie Dieu du Monde!

Une toute nouvelle microbrasserie vient de voir le jour au Québec, son nom : Dieu du Monde! Cette brasserie, dont le processus de fabrication est secret et pratiquement artisanal, s'est tout de même permis d'automatiser une bonne partie de son processus d'embouteillage et de palettisation. L'embouteillage et la palettisation de son produit vedette, la bière « Nouveau Monde », sont constitués des six étapes suivantes :

1. Stérilisation (automatisée)
2. Remplissage (automatisé)
3. Capsulage (automatisé)
4. Emballage des bouteilles en caisses de 12 (automatisé)
5. Palettisation : action de mettre les caisses sur une palette pour en faciliter l'entreposage et le transport. On retrouve 64 caisses de 12 bouteilles sur chacune des palettes. (manuelle)
6. Contrôle de la qualité : le contrôle de la qualité est principalement un contrôle visuel pour s'assurer que les étiquettes sont bien posées, que les bouteilles sont étanches et que la caisse est résistante. Une caisse de 12 bouteilles est inspectée par palette.

Les propriétaires de la microbrasserie s'y connaissent très peu en gestion des opérations. Par contre, ils sont curieux de savoir combien de bouteilles pourront être embouteillées avec le processus actuel. Une étude par chronométrage fut donc effectuée pour chacune des étapes. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Étapes	Unité de référence	TS (en minutes)
Stérilisation	Par lot de 1 000 bouteilles	103,50
Remplissage	Par lot de 100 bouteilles	13,51
Capsulage	Par lot de 500 bouteilles	74,98
Emballage	Par lot de 12 caisses	20,99
Palettisation	Par palette	11,39
Contrôle qualité	Par caisse, une caisse contrôlée par palette	6,83

<u>Note</u> : Pour l'ensemble du problème, présentez vos solutions arrondies à 4 décimales.

6.1 Présentez, sous forme de tableau, le temps standard, le temps de cycle, la cadence et le taux d'occupation de chaque étape en utilisant la bouteille comme unité de référence. Il y a une machine par étape automatisée. Un employé travaille 25 % de son temps à la palettisation et 25 % de son temps au contrôle qualité. L'autre 50 % de son temps est dédié à un autre processus.

6.2 Si l'entreprise est en opération huit heures par jour et cinq jours par semaine, sera-t-elle en mesure de répondre à la demande du mois de décembre évaluée à plus de 10 000 bouteilles par semaine?

6.3 La capacité calculée en 4.2 correspond-elle à la capacité de conception, à la capacité réelle ou à la production réelle?

6.4 Comment pourrait-on s'y prendre pour augmenter la capacité, telle que définies en 4.3?

7. Qu'en pensez-vous?

Vous êtes superviseur de production dans une entreprise qui usine des pièces métalliques pour l'industrie de l'automobile. Pendant le lunch aujourd'hui, un de vos employés vous dit : « J'te dis que les patrons n'y vont pas avec le dos de la cuillère quand ils fixent les prix des produits! Ils ont calculé que le supposé « temps standard » pour usiner la pièce # 3351 était de 6 minutes! Aye, moi, j'te fais ça en moins de 4 minutes, ça passe par là! Y'a quelqu'un qui s'en met plein les poches, puis c'est pas moi… »

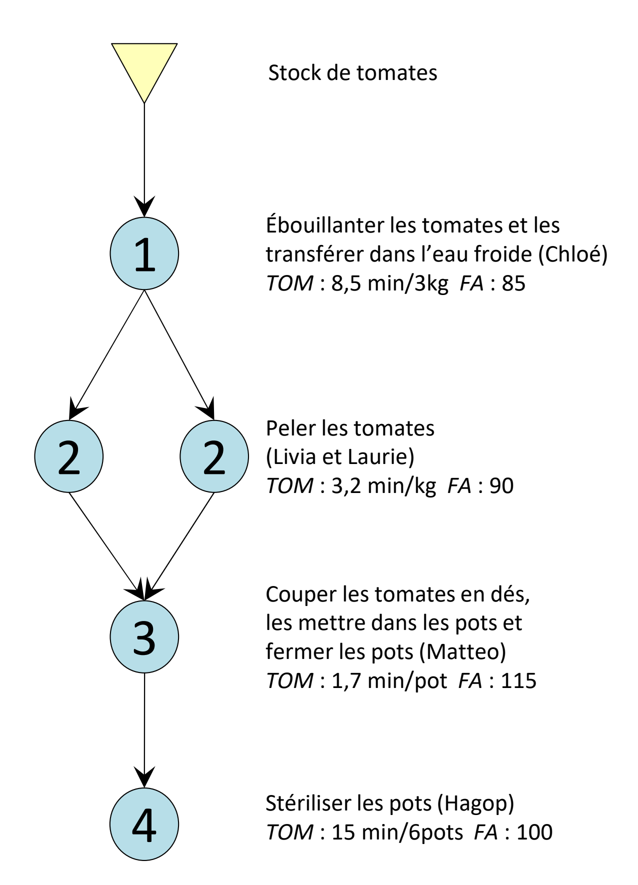
Que lui répondriez-vous?

Problèmes non résolus

1. La mise en conserve des tomates

En cette belle journée de septembre, Chloé, son conjoint Hagop et leurs trois enfants, Matteo, Livia et Laurie, ont décidé de mettre en conserve des tomates. Le procédé de mise en conserve comporte plusieurs étapes, qui ont été réparties entre les membres de la famille tel qu'illustré sur le graphique d'opérations ci-contre.

La petite famille a décidé de ne pas transformer cette activité en corvée et s'est donc octroyé une majoration pour repos et besoins personnels de 20 %. Toutefois, après moins d'une demi-heure de travail, Chloé et Hagop se sont rendu compte que les enfants étaient souvent « distraits » dans la réalisation de leur tâche et qu'il valait mieux leur accorder une majoration supplémentaire de 15 %.



Notes sur le processus :

- Le chaudron qui sert à ébouillanter les tomates, de même que le bassin d'eau froide, ne peuvent contenir que 3 kg de tomates à la fois.
- La stérilisation est faite par immersion des pots dans l'eau bouillante pour une période fixe de 15 minutes. Le chaudron de stérilisation ne peut contenir que 6 pots.
- Chaque pot contient, en moyenne, 1 kg de tomates.

1.1 Quel est le temps standard de fabrication d'un pot de tomates? Montrez bien le détail de vos calculs.

1.2 Quelle est la cadence du processus et quel est son temps de cycle? Présentez l’ensemble de vos calculs.

1.3 Suzanne, la mère de Chloé, en apprenant que sa fille est en train de faire des conserves, lui propose de lui prêter une marmite à pression (communément appelée « Presto »), ce qui permet de raccourcir le temps de stérilisation à 9 minutes. Toutefois, cette marmite ne peut contenir que quatre pots à la fois. L’usage de cette marmite permettrait-il d’augmenter la cadence du processus, en nombre de pots par heure? Si oui, de combien s’accroît la cadence? Montrez tous les calculs appuyant votre réponse.

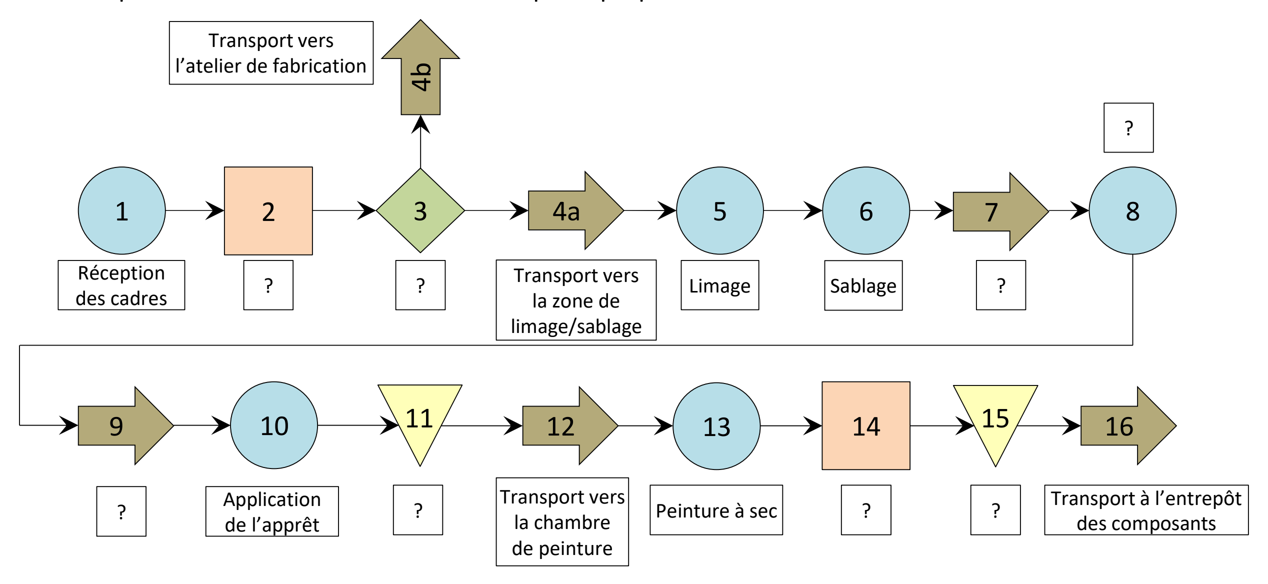
1.4 Après deux heures de travail, les enfants deviennent tellement distraits que leurs parents décident de les envoyer jouer dehors et de terminer le travail eux-mêmes. Une fois l’étape 1 terminée, Chloé se chargera de peler les tomates (étape 2). Hagop s’occupera ensuite de les couper et de les mettre en pots (étape 3), avant de procéder à la stérilisation (étape 4; Hagop a finalement choisi de ne pas utiliser la marmite à pression proposée par sa belle-mère). La majoration appliquée à leur travail demeure de 20 %. Quelle est maintenant la cadence du processus, en nombre de pots par heure?

2. Les vélos Lucky Mountain (C)

Alex Gartner, le directeur des opérations de Lucky Mountain, se demande si l'entreprise est toujours à l'avant-garde de son secteur en matière de productivité. Il est surtout préoccupé par la performance de l'atelier de finition des cadres des vélos de compétition et désire améliorer l'efficience de cet atelier pour être en mesure de mieux répondre aux tendances du marché nord-américain.

Le processus de finition des cadres est le suivant : d'abord, on prépare les cadres pour la peinture en vérifiant que chacun a atteint sa rigidité maximale à l'aide d'un détecteur à capture d'électrons (sinon, le cadre est retourné à l'atelier de fabrication pour être retravaillé). Ensuite, chaque cadre est limé et sablé à la main dans le but de s'assurer qu'aucune imperfection ne subsiste. Dès lors, les cadres sont soumis à un procédé de nettoyage en cinq étapes puis à l'application d'un apprêt qui élimine tout agent de contamination. Enfin, les cadres sont peints à sec à l'aide d'un procédé écologique utilisant des particules électrostatiques portées à une température de 450ºF, ce qui assure un fini durable et résistant à l'écaillage. La dernière étape consiste à contrôler un cadre sur dix pour vérifier que la peinture est parfaitement bien appliquée (le nombre de cadres à contrôler a été déterminé par un plan d'échantillonnage statistique). Les lots de cadres peuvent ensuite être transférés à l'entrepôt des composants.

M. Gartner a commencé à représenter les opérations sous forme de graphique d'opération, mais il a été interrompu dans son travail. Voici l'ébauche qu'il a préparée :



2.1 En vous référant à la description du processus de finition donnée précédemment, complétez le graphique d'opérations préparé par M. Gartner en donnant une brève description des étapes 2, 3, 7, 8, 9, 11, 14 et 15.

Étapes	Brève description
2	
3	
7	
8	
9	
11	
14	
15	

2.2 Pour mieux évaluer les possibilités d'améliorer la productivité de la section de finition, M. Gartner a demandé à un spécialiste en organisation du travail de réaliser une mesure par chronométrage des différentes opérations réalisées. Le tableau ci-dessous montre les résultats obtenus. Notons qu'il faut ajouter une majoration de 10 % pour les étapes automatisées ou robotisées, et de 20 % pour les opérations manuelles. M. Gartner vous demande de calculer les valeurs manquantes pour chacune des opérations, puis de calculer le temps standard total de finition d'un cadre et la cadence du processus dans son ensemble (en faisant l'hypothèse que les étapes de transport et de stockage n'ont pas d'impact sur la cadence).

Description de l'opération	Unité de référence	Temps observé moyen	Facteur d'allure	Nombre de postes de travail assignés à cette tâche	Temps standard	Temps de cycle	Cadence
Contrôle de la rigidité (opération automatisée)	Par cadre	10 min.	100	1			
Limage (opération manuelle)	Par cadre	25 min.	80	2			
Sablage (opération manuelle)	Par cadre	20 min.	120	2			
Nettoyage (opération automatisée)	Par lot de cinq cadres	1,5 h.	100	1			
Application de l'apprêt (opération manuelle)	Par cadre	12 min.	110	2			
Peinture des cadres (opération robotisée)	Par lot de 10 cadres	2,5 h.	100	1			
Vérification de la peinture (opération manuelle, un cadre sur dix)	Par cadre contrôlé	30 min.	90	1			

2.3 En fonction de vos calculs, que pourriez-vous recommander à M. Gartner s'il veut améliorer la productivité de l'atelier de finition? Et que pourriez-vous lui recommander s'il souhaite augmenter la capacité de l'atelier de finition?

3. L'organisation du travail au salon de coiffure

Un populaire salon de coiffure du centre-ville désire procéder à une réorganisation du travail : en effet, les six coiffeuses actuelles ne suffisent pas à répondre à la demande et la main-d'œuvre qualifiée, dans ce domaine, est très rare. On voudrait donc essayer de limiter les pertes de temps pour pouvoir accueillir plus de clientes.

On a procédé à la mesure du travail effectué par les coiffeuses en utilisant la méthode des observations instantanées. On a effectué 300 observations réalisées au hasard sur une des coiffeuses, et étalées sur une période de trois jours ouvrables. On a obtenu les résultats suivants :

Activités	Nombre d'observations	Proportion du temps consacré à chaque activité	Estimation du temps consacré à chaque activité
Laver les cheveux	26		
Appliquer une teinture	40		
Couper les cheveux	61		
Sécher et coiffer les cheveux	92		
Utiliser le fer à friser ou le fer plat	25		
Nettoyage divers (surfaces, instruments)	21		
Discuter avec les clientes	9		
Pauses (excluant le repas)	12		
Déplacements divers	14		

3.1 Complétez le tableau en calculant la proportion du temps consacré à chaque activité et en estimant le temps (en minutes) consacré quotidiennement à chaque activité, si l'on considère une journée de travail de neuf heures comprenant une pause-repas d'une heure.

3.2 Y a-t-il des facteurs qui auraient pu fausser les résultats de la présente étude? Si oui, lesquels?

3.3 Les coiffeuses se plaignent d'être débordées de travail et de ne pouvoir passer assez de temps à discuter avec les clientes sur ce que celles-ci désirent. À la lumière des observations effectuées, proposez une solution et évaluez-en les conséquences.

4. La fabrication de bracelets

Une petite entreprise qui fabrique des bracelets a besoin de déterminer le temps standard de fabrication d'un de ses modèles pour en calculer le coût de revient et déterminer la capacité de production. Les employés travaillent 7,5 heures par jour, cinq jours par semaine. Un analyste a fait des mesures par chronométrage, et a déterminé le facteur d'allure et la majoration.

Étape	Transformation	Temps observés (en centièmes de minutes)					Facteur d'allure	Majoration
1	Préparer le fil et les billes	210	184	192	215	182	100	9 %
		214	202	220	205	196		
2	Poser la 1re moitié du fermoir	130	145	132	124	127	90	12 %
		143	136	139	135	139		
3	Enfiler les billes	55	59	63	70	85	130	9 %
		62	60	56	68	62		
4	Poser la 2e moitié du fermoir	240	263	325	270	251	90	12 %
		265	246	275	261	274		

4.1 Quel est le temps standard de fabrication d'un bracelet?

4.2 On a reçu une commande de 500 bracelets à livrer dans cinq jours ouvrables. S'il n'y a pas de stocks de produits finis, et si un seul employé peut travailler à cette commande, est-il possible de respecter le délai de livraison?

4.3 Si l'employé est rémunéré au taux de 18 $ l'heure, incluant les avantages sociaux, quel est le coût de revient en main-d'œuvre de ce bracelet?

5. La fabrication du saucisson

La fabrication du saucisson est un processus de transformation qui comporte plusieurs opérations. Après les opérations de sélection et de malaxage de la viande, la troisième opération est l'embossage, c'est-à-dire la mise en boyau de la chair à saucisses. Cette opération comporte trois tâches distinctes.

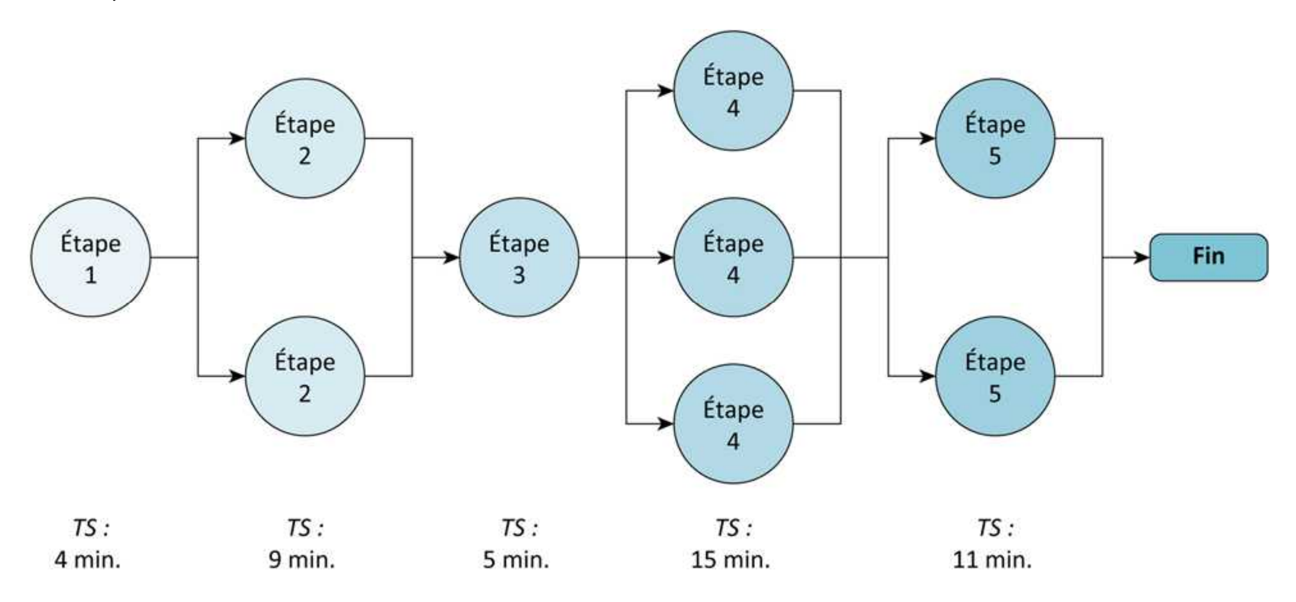
La première tâche consiste à enfiler le boyau complet sur l'embout du poussoir. Ce boyau a une longueur suffisante pour former 10 gros saucissons de 300 grammes. La deuxième tâche consiste à remplir les saucissons. Le boucher guide le boyau pour que le saucisson soit bien rempli, en évitant les bulles d'air. Après une certaine longueur, le boucher amène le saucisson vers l'appareil qui va sceller le bout et séparer les saucissons les uns des autres. Quand tout le boyau est rempli, la troisième tâche consiste à enfiler le chapelet de saucissons sur une tringle, puis à aller la porter dans la salle à étuver**.** Les saucissons resteront dans cette salle pendant plusieurs heures avant d'être fumés.

Le directeur des opérations de l'entreprise veut savoir quel est le temps standard de l'opération d'embossage pour les saucissons de 300 grammes. Il a donc demandé à un analyste de réaliser une mesure par chronométrage, et voici les données qu'il a obtenues. Calculez le temps normal et le temps standard de chaque étape, de même que le temps standard total pour toute l'opération.

Étape	Transformation	Temps observé moyen (centièmes de minutes)	Facteur d'allure	Temps normal	Majoration	Temps standard
1	Enfiler le boyau sur le poussoir (pour 10 saucissons)	118	110		14 %	
2	Former et fermer un saucisson	10	100		14 %	
3	Enfiler le chapelet de 10 saucissons sur la tringle et la transporter vers l'étuveuse	142	95		16 %	

6. La chaîne de production

Considérons le processus de production ci-dessous, de même que le temps standard de réalisation de chacune des étapes :



6.1 Quel est le temps de cycle de chacune des étapes?

6.2 Quel est le temps de cycle du processus dans son ensemble?

6.3 Quelle est la cadence du processus?

6.4 Si ce processus est entièrement manuel, quel temps doit-on utiliser pour calculer le coût de revient en main-d'œuvre de ce processus?

6.5 Quel temps doit-on utiliser pour calculer la capacité de production de ce processus, en unités par semaine (on travaille sept heures par jour, cinq jours par semaine)?

6.6 Quelle serait la capacité de production par semaine si on avait neuf employés qui réalisent en parallèle chacune des cinq étapes? S'il y a un écart avec votre réponse de la question 6.4, comment peut-on l'expliquer?



10 La gestion de la qualité

Objectifs d'apprentissage

À la fin de ce chapitre, vous devriez être capable :

- de définir la notion de qualité des produits et d'expliquer comment chacune des étapes du cycle de la qualité contribue à rendre les produits aptes à l'usage;
- d'analyser les principaux coûts relatifs à la qualité;
- d'expliquer ce que comprennent une démarche qualité et un système de gestion de la qualité;
- d'expliquer en quoi consistent l'assurance de la qualité et la norme ISO 9001;
- d'identifier les principales caractéristiques de qualité d'un bien ou d'un service et de déterminer comment les mesurer et les contrôler;
- de démontrer l'importance de la variation des procédés sur la qualité des produits et d'expliquer les liens et les différences entre les limites de contrôle du procédé et les tolérances;
- de calculer la capacité opérationnelle d'un procédé, de déterminer les paramètres d'une carte de contrôle $\overline{X} - R$, d'analyser des cartes de contrôle, de poser un diagnostic et de justifier les actions à entreprendre.

10.1 La notion de qualité

La notion de qualité n'est pas facile à circonscrire. Lorsqu'une organisation essaie de fixer des cibles pour ses attributs stratégiques, on parvient assez bien à déterminer la variété des produits recherchée, les délais de livraison à respecter, les volumes de production à atteindre ou les coûts à respecter, mais dès qu'il est question de qualité, la situation se complique. Pour certains, le mot *qualité* est associé à un idéal d'excellence alors que d'autres le définissent simplement comme la satisfaction du client. Or, pour être en mesure de gérer la qualité, il faut que cette dernière soit définie de la manière la plus concrète possible.

Du point de vue de la gestion des opérations, une des définitions les plus précises dit de la qualité qu'elle est l'*aptitude à l'usage*, laquelle comporte deux volets : la qualité de conception et la qualité de conformité. On a déjà abordé la notion d'aptitude à l'usage au chapitre 8, puisque c'est au moment de la conception du produit qu'on doit identifier les caractéristiques recherchées par les clients en fonction de l'usage auquel le produit est destiné. Pour ce faire, il faut avoir bien ciblé le segment de marché visé, avoir identifié les besoins et les attentes de la clientèle cible, et finalement avoir traduit ces besoins en fonctionnalités et en caractéristiques concrètes. Si l'on ne veut oublier aucun aspect important, ce travail devrait être fait en collaboration par les responsables de la stratégie, du marketing, de la R&D et des opérations. Par exemple, les consommateurs qui achètent une automobile n'ont pas tous les mêmes besoins ni le même budget; certains sont en quête de prestige, d'autres de sécurité et de fiabilité, d'autres encore d'un moyen de transport pratique et économique. À chacun de ces segments de marché vont correspondre des véhicules dont les caractéristiques seront très différentes : sièges en cuir ou en tissus, grosse ou petite cylindrée, design exclusif ou plus standard, insonorisation supérieure ou normale, nombre de coussins gonflables, etc. De manière générale, les caractéristiques recherchées pour les biens font partie de l'une ou l'autre des catégories suivantes : performance (caractéristiques du produit qui le rendent efficace et facile à utiliser); fiabilité (probabilité de fonctionnement sans panne pendant une période de temps donnée); durabilité (durée de fonctionnement espérée dans des conditions d'usage normales); régularité (niveau constant de qualité d'une unité de produit à l'autre); caractéristiques sensorielles (apparence, odeur, goût, son, texture); sécurité (niveau de risque lié à l'utilisation du produit). L'importance relative de chacune de ces catégories dépend beaucoup de la nature du bien. Pour les aliments, les caractéristiques sensorielles sont plus importantes, alors que pour les articles pour bébé, la sécurité est primordiale; pour les biens durables (gros électroménagers, téléviseurs…), la fiabilité et la durabilité sont demandées, mais la régularité compte davantage pour les produits que l'on achète souvent, tels que les aliments ou les produits domestiques (pour les consommateurs) ou les matières premières et les pièces (pour les clients industriels).

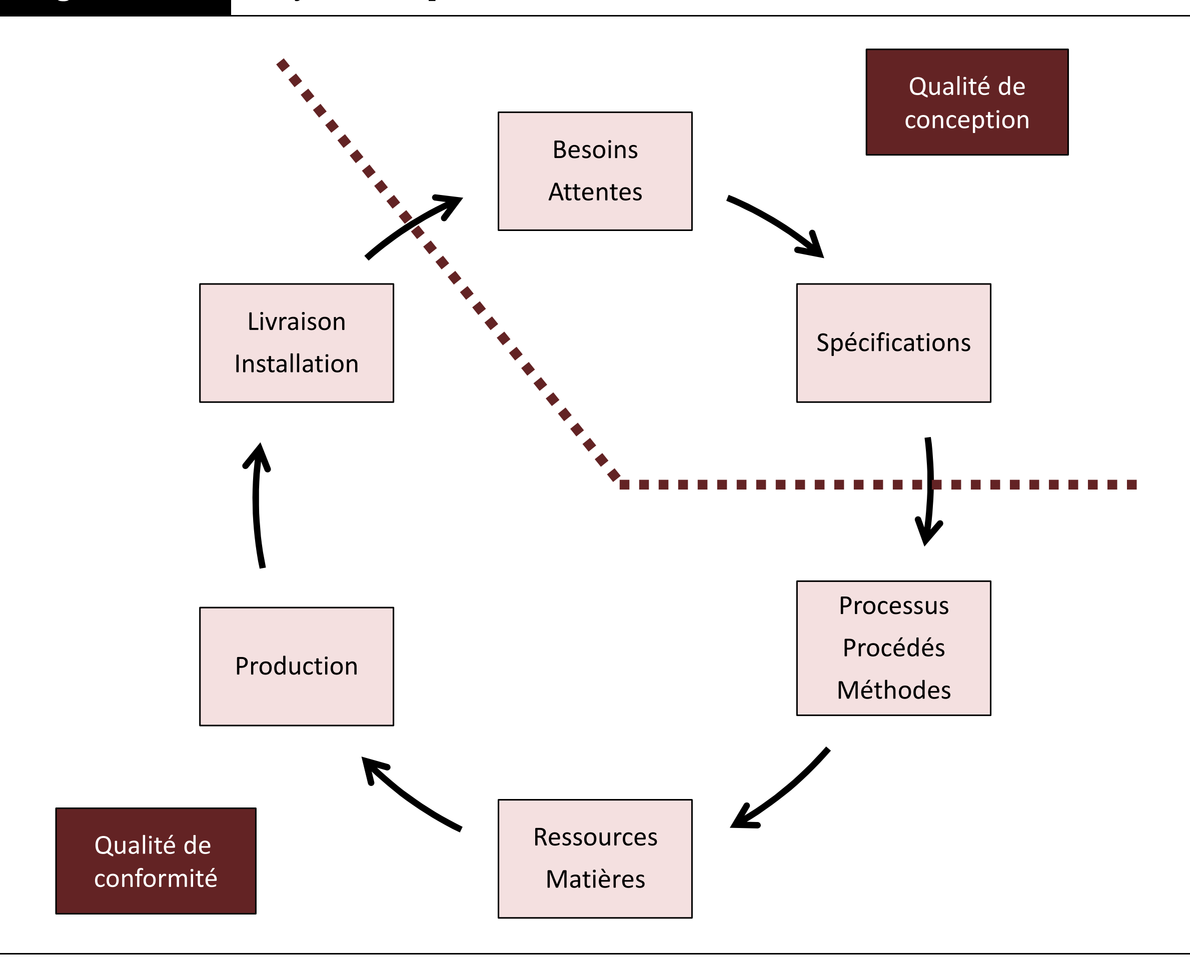
Du côté des services, la qualité de conception est tout aussi essentielle. D'abord, le service doit remplir les fonctions immédiates pour lesquelles il est acheté : pour une entreprise de transport, que le client ou ses biens soient transportés efficacement du point A au point B; pour un hôpital, que le patient en sorte guéri ou soulagé; pour une banque, que les transactions soient réalisées sans délai et sans erreur. Mais dans beaucoup de

services, le client est présent pendant la prestation et y participe. Dans ce cas, l'expérience de service vécue par le client a tout autant d'importance que les caractéristiques techniques. Si c'est le client qui est transporté, on doit lui offrir un siège confortable, de l'air sain, un accueil chaleureux, etc. Le patient hospitalisé accordera autant d'importance au fait que le personnel l'ait écouté et rassuré qu'aux soins qu'il a reçus. Le client qui fait lui-même ses transactions bancaires sur Internet s'attend à un site Web facile à naviguer et qui lui fournisse rapidement toute l'information requise. De manière générale, les caractéristiques recherchées pour les services font partie de l'une ou l'autre des catégories suivantes : les compétences des prestataires de service et leur assurance; la constance dans la qualité du service d'une fois à l'autre ou d'un établissement à l'autre; l'empressement des prestataires à servir le client; leur empathie, leur politesse et leur respect; la bonne conception des supports physiques que le client doit utiliser (bon fonctionnement, facilité d'utilisation, confort, propreté, etc.). Ici encore, les besoins varient beaucoup d'un segment de clientèle à l'autre. Par exemple, lorsqu'ils vont à l'hôtel, certains clients recherchent un décor luxueux et une ambiance calme et raffinée, d'autres sont en quête d'exotisme et de sensations fortes, alors que pour d'autres, un lit confortable et une salle de bain propre suffisent amplement. Pour les services comme pour les biens, l'aptitude à l'usage dépend directement de la bonne identification de la clientèle cible, de ses besoins et de ses attentes, et enfin de la traduction de ces besoins et attentes en caractéristiques précises et en spécifications. C'est ce qu'on appelle la *qualité de conception*.



Le second volet de la qualité, la *qualité de conformité*, consiste à livrer un produit correspondant aux spécifications établies. Les étapes permettant d'atteindre tant la qualité de conception que la qualité de conformité sont illustrées à la figure 10.1, qui présente le cycle de la qualité dans son ensemble. Une fois complétée la détermination des caractéristiques recherchées et des spécifications, il faut identifier les processus, les procédés et les méthodes qui permettent le mieux de réaliser les produits demandés. Dans le cas des entreprises de services, la conception du processus est particulièrement importante si c'est le client lui-même qui doit en traverser les différentes étapes. Ensuite, il faut obtenir les matières et les ressources nécessaires et vérifier qu'elles sont en mesure de réaliser des produits conformes aux exigences. On pense ici au choix des matières premières et à la sélection des fournisseurs, au choix des équipements et outils, à l'aménagement des installations, et enfin au recrutement et à la formation du personnel. La prochaine étape est la production, c'est-à-dire la fabrication des biens et la réalisation des services. Dans le cas des biens, il faut ensuite ajouter la livraison (incluant les activités de conditionnement) et, dans certains cas, l'installation du produit chez le client et la formation quant à son bon usage. Tout au long de ces étapes, on vise à respecter les spécifications établies. Ce n'est qu'une fois ce cycle complété qu'on arrive au moment de vérité : le produit satisfait-il bien les besoins et attentes de la clientèle cible?

Figure 10.1 **Le cycle de la qualité[47]**



Même si le cycle de la qualité apparaît pour la première fois dans ce manuel, plusieurs des éléments qui le constituent ont déjà été abordés dans les chapitres précédents : conception des produits et des processus, aménagement, organisation et amélioration du travail, approvisionnement. Ce chapitre portera donc surtout sur l'étape de la production et sur les activités de contrôle de la qualité et des procédés. Toutefois, il ne faudrait pas en conclure que la qualité dépend surtout de l'étape de la production et qu'elle est avant tout une affaire de contrôle, bien au contraire. Un très grand nombre des problèmes de qualité auxquels les clients et les organisations sont confrontés proviennent des premières étapes du cycle. En fait, plus les erreurs surviennent tôt dans le cycle, plus elles sont coûteuses, puisqu'il faut alors tout revoir depuis le début. Une défectuosité résultant de problèmes de fabrication peut être grave, certes, mais elle est habituellement plus facile à corriger qu'un vice de qualité provenant d'une mauvaise identification des besoins de la clientèle cible, de spécifications mal établies ou d'un mauvais choix de procédé de fabrication. On verra donc aussi dans ce chapitre comment la gestion de la qualité peut englober tous les éléments du cycle.

[47] Adapté de Nollet, J., J. Kélada et M. Diorio, (1994). *La gestion des opérations et de la production – une approche systémique* (2e édition). Chicoutimi : Gaëtan Morin, 682 pages.

10.2 En quoi la gestion de la qualité est-elle importante pour moi?

Si je travaille en :

- **comptabilité et finance**, je fournirai les données permettant d'établir les coûts de la qualité et j'évaluerai les flux de trésorerie requis par l'implantation et le maintien d'un système de gestion de la qualité;

- **ressources humaines**, je serai responsable d'établir les exigences d'emploi, les programmes de formation et les critères d'évaluation de la performance qui permettent d'assurer que les employés de l'organisation sont en mesure de réaliser les objectifs poursuivis en matière de qualité des biens et des services;

- **système d'information de gestion**, je concevrai et maintiendrai les systèmes d'information permettant de recueillir et d'analyser les données relatives à la qualité;

- **marketing**, je serai responsable d'identifier et de définir précisément les besoins et les attentes des clients en matière de qualité des biens et des services; j'aurai aussi à vérifier si les clients sont satisfaits;

- **opérations**, j'aurai à mettre en œuvre au quotidien les approches de gestion de la qualité choisies par mon organisation et, éventuellement, à développer ou à améliorer ces approches.

De plus, quelle que soit la fonction occupée, tous les membres de l'organisation ont à appliquer les principes de gestion de la qualité à leur propre travail, à s'assurer qu'ils ont bien compris les besoins et les attentes de leurs clients internes et externes, et à offrir des services conformes à ces besoins et attentes.

10.3 Gérer la qualité

Comme toutes les décisions relatives à la conception du système opérationnel, la mise en place d'un système de gestion de la qualité revêt une importance stratégique majeure. La qualité des biens et services est, avec le prix, un des principaux éléments qui permettent aux organisations de se démarquer de leurs concurrents. Si une partie de la clientèle accorde beaucoup d'importance au prix, beaucoup de clients sont prêts à payer plus cher pour s'assurer que ce qu'ils reçoivent correspond à leurs attentes. La qualité est aussi un facteur de motivation pour les employés, qui tirent davantage de fierté de leur travail lorsqu'ils le jugent de bonne qualité et qu'ils savent qu'il est apprécié des clients.

Compte tenu de la confusion entourant la définition de la qualité, on l'associe souvent à un coût de revient plus élevé. On pense alors à la qualité de conception, et il est vrai qu'un produit comprenant des caractéristiques supérieures risque d'être plus coûteux. Toutefois, ces caractéristiques justifient aussi un prix de vente plus élevé; c'est au moment de la recherche commerciale qu'on verra à déterminer combien les clients sont prêts à payer pour les obtenir. Du côté de la qualité de conformité, le respect des spécifications se révèle presque toujours moins cher à long terme, comme le montre le calcul des coûts de la qualité.

Les coûts de la qualité

Dans un monde idéal, tous les produits seraient parfaitement conformes aux spécifications et exempts de défauts. En réalité, la complexité des produits et la multiplicité des sources de défectuosités rendent cela pratiquement impossible. Mais ce constat ne devrait pas conduire les gestionnaires à baisser les bras, puisque de nombreux outils de prévention, de contrôle et d'amélioration permettent de réduire les défauts et leurs conséquences.

Les décisions en matière de gestion de la qualité peuvent être évaluées dans une perspective de calcul des coûts, en tenant compte de quatre catégories de coût bien distinctes :

1) **Les coûts de prévention :** cette catégorie comprend tous les coûts qui permettent d'éviter la production de biens défectueux ou de services de mauvaise qualité. Elle inclut les étapes de validation des processus et des procédés, de même que toutes les activités dont le but est d'assurer que les ressources choisies sont capables de réaliser des produits conformes aux spécifications. Quelques exemples de ces activités préventives sont : la vérification des dessins techniques décrivant les produits et leurs composants pour détecter les erreurs; la revue des méthodes de travail; l'analyse de la capacité des procédés à atteindre les spécifications; l'entretien préventif des équipements et, dans le cas des services, du mobilier et des autres supports physiques; le calibrage des instruments de mesure pour s'assurer que les données sont exactes; la formation des employés et la vérification des connaissances; la mise en place et le maintien de programmes d'amélioration de la qualité, etc.;

2) **Les coûts de contrôle :** cette catégorie inclut tous les coûts liés à l'inspection des produits, aux tests à réaliser (qu'ils soient faits par l'organisation elle-même ou par des laboratoires indépendants), aux produits détruits (s'il s'agit de tests destructifs) et aux mesures de satisfaction des clients; bref, on considère ici tous les coûts liés à la recherche des biens défectueux et des services inadéquats;

3) **Les coûts des défaillances internes :** les défaillances internes sont toutes celles qui sont détectées avant que le produit soit livré au client. Quand un défaut est repéré, il faut souvent trier l'ensemble du lot produit pour trouver les autres unités défectueuses, retravailler le produit (lorsque c'est possible) ou encore solder ou même détruire les produits défectueux. En plus de ces coûts déjà élevés, il faut ajouter le coût des retards de livraison qui peuvent en résulter et le coût des perturbations aux plans de production;

4) **Les coûts des défaillances externes :** les défaillances externes sont celles qui sont constatées au moment où le produit est déjà distribué, ou même déjà entre les mains des clients. Ces défaillances peuvent se traduire par des rappels de produits, des réparations sous garantie, le remplacement des biens défectueux ou la reprise des prestations de service, des poursuites légales, des amendes à payer ou des compensations financières à offrir, etc. Dans les cas les plus graves, les défaillances peuvent se traduire par des atteintes à la santé des clients et des pertes de vie. L'histoire, même récente, est malheu-

reusement parsemée de cas d'aliments contaminés, de jouets qui ont provoqué des étouffements, de voitures dont les composants défectueux ont entraîné des pertes de contrôle, des défaillances de freinage ou des incendies, d'avions qui se sont écrasés à cause d'erreurs mécaniques, etc. Aux coûts directement engendrés par ces défaillances, il faut ajouter les coûts de rétablissement de la réputation et de l'image de marque, qui peuvent être énormes. Certaines entreprises ne s'en remettent jamais et doivent fermer leurs portes.

L'évaluation des coûts relatifs de chacune des catégories précédentes permet d'évaluer l'importance à accorder aux activités de prévention et de contrôle. Par exemple, bien que la qualité soit importante pour tous les produits, les conséquences des défaillances externes sont moins graves et moins coûteuses pour un fabricant de stylos à bille que pour un fabricant de moteurs d'avion. Toutes proportions gardées, les sommes investies en prévention et en contrôle de la qualité devraient donc être moindres pour l'entreprise qui fabrique des stylos.

On observe aussi une nette corrélation entre les différents types de coûts : plus on investit en prévention et en contrôle, moins il y a de produits défectueux, et plus bas sont les coûts des défaillances internes et externes. Une analyse économique plus poussée peut conduire à déterminer un *niveau optimal de qualité*, c'est-à-dire un niveau où le total des coûts est au minimum. Bien que cette approche soit attrayante, elle est risquée. Premièrement, les coûts de prévention et de contrôle sont relativement faciles à calculer, alors que ce n'est pas le cas des coûts de défaillance, puisqu'il faut être en mesure d'évaluer la probabilité de les encourir (c'est-à-dire, la probabilité que les produits soient défectueux). Les coûts liés à d'éventuelles pertes d'image et de réputation sont aussi très difficiles à prévoir et l'on a tendance à les sous-estimer. Deuxièmement, les coûts de prévention et de contrôle sont certains et immédiats, alors que les coûts des défaillances sont incertains et lointains. Il est donc facile pour les gestionnaires, lorsqu'ils sont soumis à des pressions pour réduire les coûts, de perdre de vue les pertes possibles en cas de non-qualité et de chercher plutôt à sabrer dans les dépenses de prévention et de contrôle. Malheureusement, il faut souvent qu'un désastre survienne pour ramener au premier plan l'importance d'investir dans la prévention et le contrôle. Troisièmement, l'idée d'un « niveau optimal de qualité » met exclusivement l'accent sur les considérations économiques, alors qu'il y a aussi là une question éthique et morale : trouve-t-on acceptable que des clients subissent des préjudices graves, soient blessés ou perdent la vie parce qu'on a calculé qu'il était moins coûteux de payer des compensations que d'améliorer la qualité?

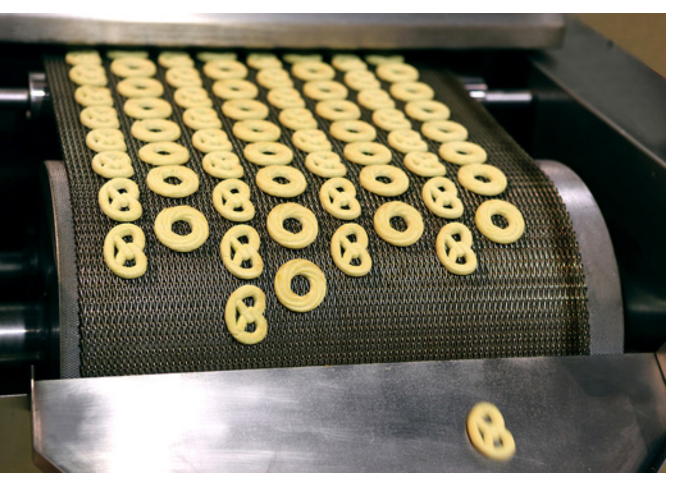


Même s'il n'est pas toujours facile d'évaluer les coûts de la qualité (et surtout, les coûts de la non-qualité, c'est-à-dire les coûts des défaillances), il s'agit d'une démarche très utile, tant pour les gestionnaires des opérations que pour ceux des autres fonctions. La possibilité de démontrer le retour sur investissement des efforts de prévention et de contrôle de la qualité est souvent le meilleur argument pour convaincre les dirigeants d'y consacrer les efforts et les budgets nécessaires.

Les démarches de gestion et d'amélioration de la qualité

Au fil des ans, divers spécialistes de la qualité ont proposé des approches de gestion et d'amélioration de la qualité. Ces approches portent des noms différents mais leurs fondements sont généralement très semblables, et similaires aux principes d'amélioration du travail abordés au chapitre 8. Elles débutent toutes par la définition d'un problème à résoudre ou par la remise en cause des pratiques existantes pour voir si l'on ne pourrait pas les améliorer. S'il y a plusieurs problèmes ou projets d'amélioration, on verra à les prioriser, soit sur la base de l'urgence du problème ou de sa fréquence, soit sur l'importance des retombées qu'on peut espérer des améliorations qui seront apportées.

Un des principes les plus importants des approches qualité est qu'elles se basent sur des faits et des données, et non simplement sur des impressions ou des anecdotes. L'étape suivante consiste donc à déterminer de quelles informations on a besoin pour bien comprendre la situation, puis à procéder à leur collecte. Les technologies ont grandement facilité l'accumulation des données. Par exemple, plusieurs équipements de fabrication procèdent à des mesures automatiques des produits. Les appareils de mesure digitaux mémorisent les lectures ou les relaient automatiquement à des bases de données. Les fichiers fournisseurs et clients regorgent d'informations sur les transactions réalisées, les retours et les plaintes. En fait, l'enjeu réside maintenant moins dans la collecte que dans l'exploration des données (en anglais, *data mining*) pour choisir les informations pertinentes. Les logiciels de traitement statistique ont aussi facilité l'étape d'analyse, en permettant de traiter rapidement un grand nombre de données et d'identifier les liens (par corrélation, régression, analyse factorielle, etc.) entre différentes variables. Les analyses statistiques revêtent une très grande importance en gestion de la qualité, non seulement pour évaluer dans quelle mesure les produits respectent les spécifications établies, mais aussi pour concevoir les processus et les méthodes et pour contrôler les procédés pendant la fabrication. Par exemple, une entreprise qui fabrique des biscuits et doit développer un procédé de cuisson adapté à un flux continu (un convoyeur transportant les biscuits traverse un four sans s'arrêter) va utiliser une méthode appelée *plan d'expérience*. Comme son nom l'indique, cette méthode consiste à réaliser une suite d'expériences pendant lesquelles on fait varier différents paramètres du procédé (température et longueur du four, vitesse du convoyeur, humidité et circulation de l'air, épaisseur et densité de la pâte à biscuit, etc.). Un traitement statistique poussé des résultats obtenus permettra ensuite de déterminer les conditions idéales pour l'obtention de biscuits cuits parfaitement et uniformément.



L'analyse des données inclut aussi la recherche des causes. Tout comme pour l'analyse du travail vue au chapitre 8, il s'agit avant tout de remettre en question de manière systématique chacun des éléments pouvant occasionner un problème de qualité ou qui serait susceptible d'améliorer la situation. Pour ce faire, on peut considérer à tour de rôle chacun des éléments du cycle de la qualité (voir la figure 10.1), ou encore cibler certaines étapes en particulier. Par exemple, si l'on détecte des défectuosités lors de l'inspection des produits finis, il est justifié de se limiter à revoir les étapes allant des processus à la fabrication : le procédé fonctionnait-il correctement? Les matières premières étaient-elles adéquates? Le problème peut-il résulter d'une erreur humaine?

Tous les contrôles prévus ont-ils été effectués? Par contre, si le problème à résoudre est lié à l'insatisfaction des clients, il faut ratisser plus large. En plus des questions précédentes, on ajoutera : les clients insatisfaits font-ils partie de la clientèle cible? Se peut-il qu'on ait mal identifié les besoins des clients ou la manière dont ils utilisent le produit? Que les spécifications soient mauvaises ou n'aient pas bien été transmises aux employés, ou encore que les procédés actuels ne soient pas capables de les atteindre? Un problème est-il survenu au moment de la livraison ou de l'installation?

Bien que la démarche de détermination des causes puisse sembler ardue, ce n'est qu'une fois qu'on a identifié l'origine du problème qu'on peut améliorer la situation. De plus, les problèmes de qualité ont parfois tendance à être balayés sous le tapis lorsque les correctifs à apporter remettent en cause l'atteinte des autres cibles stratégiques : vaut-il mieux respecter les délais promis ou retarder la livraison pour corriger des défectuosités? Doit-on utiliser un procédé qui génère moins de défauts même s'il réduit le volume de production? Est-il préférable de bien valider les spécifications, quitte à repousser la date de lancement du produit sur le marché? Doit-on choisir un fournisseur plus fiable, même si ses prix sont plus élevés? Il revient aux dirigeants de faire les arbitrages nécessaires et d'établir les priorités, de s'assurer qu'elles sont bien comprises de tous et, surtout, de s'y tenir. Il est facile d'affirmer que la qualité est ce qu'il y a de plus important, mais plus difficile d'agir en conséquence de manière continue. On doit donc régulièrement contrôler le résultat des améliorations et, au besoin, recommencer le cycle.



Finalement, la plupart des approches de gestion et d'amélioration de la qualité font ressortir l'importance de documenter les activités et d'impliquer toutes les personnes concernées. Il est fréquent que des problèmes de qualité surviennent parce que les spécifications, les processus ou les méthodes de travail n'ont jamais été écrits ou n'ont pas été mis à jour, ou encore que les documents ne soient pas facilement accessibles à tous ceux qui en auraient besoin. Les documents sont aussi la mémoire de l'organisation, et ils éviteront de tourner en rond en reprenant à zéro des démarches d'amélioration qui ont déjà été entreprises quelques années auparavant mais qu'on a oubliées. L'importance de la documentation est encore plus grande dans les secteurs où le taux de roulement du personnel est élevé. Les TIC permettent d'améliorer le cumul et la diffusion des informations, et de les présenter dans un format plus convivial (fichiers vidéo ou audio, animations, capsules en ligne, etc.), mais encore faut-il que tous sachent où trouver l'information et qu'elle soit tenue à jour.

On ne saurait trop souligner l'importance d'impliquer toutes les personnes concernées dans les démarches de résolution de problèmes et d'amélioration de la qualité. La détection de problèmes de qualité des produits peut être menaçante et créer des frictions si elle est perçue comme une remise en cause de la qualité du travail. La possibilité de collaborer de manière franche et ouverte à toutes les étapes de la démarche peut permettre d'apaiser les craintes, de trouver des solutions originales et d'en faciliter la mise en œuvre. Sur ce point encore, l'attitude des dirigeants est déterminante : si les

employés sont blâmés dès que des problèmes sont détectés, si leurs suggestions ne sont jamais entendues ou s'ils sont les premiers à perdre lorsqu'on améliore les procédés ou les produits, ils mettront tout en œuvre pour cacher les problèmes et résister aux approches qualité.

Le système de gestion de la qualité et l'assurance qualité

Les sections précédentes ont mis en évidence la complexité de la gestion de la qualité. En effet, il faut tenir compte du rôle joué par toutes les parties prenantes (clients, fournisseurs, employés, dirigeants, actionnaires, organismes de réglementation et de normalisation, société) et de leurs intérêts, agir à toutes les étapes du cycle de la qualité, considérer différents types de coûts, réaliser des arbitrages parfois déchirants entre les cibles stratégiques, et enfin traiter une masse de données en utilisant des méthodes statistiques sophistiquées. Pour bien structurer les activités de gestion de la qualité, plusieurs organisations choisissent de mettre en place un système qualité. Ce système comporte normalement : un énoncé des politiques de l'organisation en matière de qualité; des pratiques de gestion de la qualité englobant toutes les étapes du cycle de la qualité; des méthodes pour compiler et archiver les informations; l'implantation de procédures visant à vérifier que ces pratiques sont bel et bien réalisées comme prévu (ce qu'on appelle l'*assurance de la qualité*); le suivi régulier des résultats par les dirigeants. L'Organisation internationale de normalisation (ISO) propose un tel système qualité dans la norme ISO 9001. Le bon fonctionnement du système qualité peut être vérifié par le biais d'audits internes, mais il peut aussi être évalué par des organismes indépendants et, si l'entreprise le désire, donner lieu à une certification. Notons que la certification ISO 9001 n'est pas émise par ISO mais par des organismes d'accréditation, qui peuvent eux aussi être certifiés (mais ne le sont pas nécessairement). Ces organismes sont le plus souvent des entreprises privées qui agissent au niveau local, national ou international[48].

L'obtention et le maintien de la certification ISO 9001 peut présenter certains avantages. Le bénéfice principal et la motivation première de la certification devraient être de fournir une cible claire à atteindre et d'encourager les employés et les dirigeants à poursuivre leurs efforts et à intégrer les principes de gestion de la qualité dans toutes les décisions. La certification peut aussi rehausser l'image de marque de l'organisation qui la détient et fournir à cette dernière un avantage concurrentiel, particulièrement sur les marchés internationaux. Toutefois, on observe souvent que les entreprises qui demandent la certification le font avant tout pour répondre aux exigences posées par certains clients importants ou, dans certains secteurs, par la réglementation. Ce motif n'est pas un problème en soi, mais il peut le devenir si les dirigeants ne sont pas convaincus de l'importance d'adopter un système qualité et limitent leurs efforts à s'assurer que tout soit conforme au moment de l'audit par l'organisme de certification. Dans ce cas, les employés comprennent vite que la qualité n'est pas vraiment importante et sont peu motivés à améliorer leur travail.



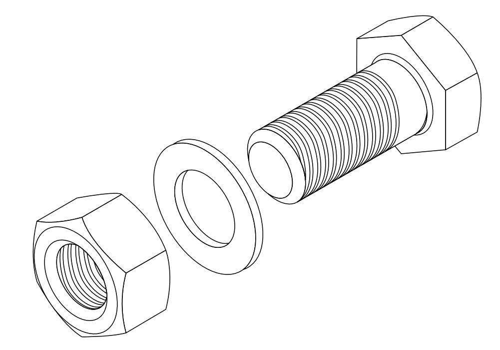
Du côté des clients, il peut être utile de faire affaire avec des fournisseurs certifiés de la norme ISO 9001, particulièrement s'il s'agit de nouveaux fournisseurs ou s'ils sont situés à l'étranger et qu'il est plus difficile de bien les évaluer. Cependant, il est essentiel de comprendre que la certification ne garantit pas que les produits répondent aux besoins

[48] Il peut être important de choisir un organisme d'accréditation jouissant d'une bonne réputation à l'international, en particulier si l'on demande la certification pour convaincre des clients étrangers de l'excellence de nos pratiques qualité.

et attentes des clients : elle ne fait que confirmer que l'entreprise a mis en place un système qualité, qu'elle exécute correctement les différentes activités de gestion de la qualité auxquelles elle s'est engagée, et que ces dernières sont bien documentées. Tout comme la vérification comptable n'évalue pas si une entreprise est bien gérée ou pas (ni si elle est rentable ou pas), l'assurance de la qualité ne juge pas de la qualité des produits eux-mêmes. Par ailleurs, la certification, qui doit être renouvelée régulièrement, entraîne des coûts importants. Il faut compter plusieurs dizaines de milliers de dollars si l'entreprise dispose déjà d'un système qualité bien en place qu'il suffit de rendre conforme à la norme, et beaucoup plus s'il faut implanter un tout nouveau système qualité. Ainsi, si on fait affaire avec un fournisseur depuis longtemps et que ses produits ont toujours donné satisfaction, ou encore si on choisit un nouveau fournisseur réputé pour la qualité de ses produits, il est inutilement coûteux d'exiger qu'il soit certifié ISO 9001.

10.4 Le contrôle de la qualité

Malgré tous les efforts de prévention et la mise en place d'un bon système qualité, il est nécessaire de contrôler la qualité des produits (biens et services), ne serait-ce que pour vérifier que les activités préventives sont efficaces. Le contrôle formel de la qualité est devenu essentiel au moment de la révolution industrielle et de la généralisation de la division du travail. À l'époque où l'ouvrier artisan fabriquait ses produits un à la fois, il vérifiait lui-même la qualité de son travail au fur et à mesure qu'il l'accomplissait, et il pouvait facilement ajuster les pièces les unes aux autres pour obtenir le résultat désiré. Mais dès lors que les biens sont fabriqués en grandes séries, souvent par des machines, il faut trouver des moyens de vérifier leur conformité aux spécifications sans que les coûts de contrôle deviennent excessifs. De plus, l'assemblage de pièces standardisées fabriquées indépendamment les unes des autres implique que chaque pièce doit respecter des spécifications précises et des tolérances étroites pour que toutes les pièces puissent s'ajuster correctement.



Considérons l'exemple d'un simple boulon composé d'une vis, d'un écrou et d'une rondelle. L'employé qui utilise ces boulons (par exemple pour assembler une planche à roulettes) prélève les vis, les rondelles et les écrous dans trois bacs de pièces situés devant lui. Si chacun des trois stocks de pièces comprend 1 % d'unités défectueuses (donc 99 % de bonnes pièces), la probabilité que l'employé prélève trois pièces conformes et puisse assembler du premier coup un boulon correct est de 97,03 % (soit 99 % × 99 % × 99 %). Si la planche à roulettes comprend huit boulons, la probabilité que l'employé puisse assembler du premier coup huit boulons corrects est de 78,6 %. On peut imaginer que pour des produits composés de dizaines ou de centaines de pièces (comme un ordinateur ou une automobile), les conséquences de la présence de pièces défectueuses, même en petites quantités, sont majeures. On peut trouver des exemples similaires dans les entreprises de services. Pensons à la personne qui se rend dans un centre de prélèvement pour une prise de sang et des analyses sanguines : l'infirmière pourrait mal comprendre la liste des tests à effectuer ou faire une erreur de saisie des données; les étiquettes identifiant les tubes de sang pourraient être mal imprimées ou se décoller; chacun des tests effectués présente une certaine probabilité d'erreur, même faible; les résultats peuvent être mal saisis, être envoyés au mauvais médecin ou être classés dans le mauvais dossier; etc. Ici encore, c'est la multiplicité

des étapes et la division du travail qui augmentent les probabilités que le résultat final soit de mauvaise qualité. Il faut donc que chacune des étapes ait un taux d'erreur extrêmement faible et que le contrôle de la qualité soit capable de les détecter rapidement.

Que faut-il contrôler?

Selon la nature du produit, les paramètres à contrôler peuvent être très variés et, surtout, très nombreux. Rien que pour la vis du boulon discuté ci-haut, on peut vérifier la longueur de la tige et son diamètre, la longueur du pas de vis, la régularité du filet, les dimensions de la tête, la dureté du métal, etc. Toutes ces caractéristiques sont importantes, mais certaines sont plus cruciales : le diamètre de la tige a un impact direct sur la solidité de son ajustement avec l'écrou; si le filet n'est pas régulier, il sera impossible de visser la vis; si les dimensions de la tête sont irrégulières, elle ne s'adaptera pas bien aux outils de vissage et rendra cette opération plus difficile. Par contre, une tige légèrement plus longue ou plus courte que la normale pourrait ne pas avoir de conséquences importantes. Ainsi, on accordera davantage d'attention au contrôle des caractéristiques jugées critiques pour les utilisateurs ou les clients, en n'oubliant pas cependant que ces caractéristiques peuvent changer selon l'usage auquel le produit est destiné (par exemple, si le boulon est installé sur une pièce située à l'intérieur d'un boîtier fermé où l'espace est limité, une vis trop longue peut poser problème). Dans d'autres cas, on pourra contrôler des caractéristiques dites « indicatrices », c'est-à-dire qui sont liées à la présence d'autres caractéristiques plus importantes mais plus difficiles à mesurer. Par exemple, on contrôle la qualité de l'eau potable en faisant le décompte des bactéries coliformes; bien que ces dernières aient habituellement peu d'effets négatifs sur la santé, leur présence indique que l'eau est contaminée par des matières fécales et qu'elle pourrait contenir des microorganismes pathogènes qui sont, eux, plus difficiles à détecter directement.



On peut également contrôler la performance du produit en vérifiant s'il fonctionne bien et pendant combien de temps, ou encore en mesurant à quelle vitesse il s'use. Dans le cas des produits alimentaires, on demande à des experts d'effectuer des contrôles de goût, d'arôme et de texture. Dans plusieurs industries fabriquant des biens pouvant affecter la santé ou la sécurité des usagers, les paramètres à contrôler sont déterminés par la réglementation. C'est le cas, entre autres, pour les produits pharmaceutiques, pour les produits alimentaires, pour les appareils électriques, pour les véhicules et pour les produits destinés aux enfants. Il existe aussi plusieurs lois et règlements visant à protéger les consommateurs. Par exemple, la loi impose de respecter des normes strictes en matière d'emballage et d'étiquetage, de manière à assurer que lorsque le client achète du sucre ou de la peinture, il reçoit bien la quantité indiquée sur l'étiquette du produit. Les entreprises soumises à de tels règlements ont tout intérêt à effectuer elles-mêmes des contrôles réguliers puisqu'elles peuvent faire l'objet d'inspections gouvernementales et être pénalisées en cas de non-conformité.

Dans le cas des services, le contrôle de la qualité technique peut être relativement facile si le service est lié à des éléments tangibles ou visibles (par exemple un vêtement bien nettoyé, une automobile bien réparée, un colis transporté au bon endroit et en bon état, etc.). Lorsque la composante intangible est plus importante, ou encore pour contrôler la qualité de l'expérience de service, les choses se compliquent. Comment mesurer la qualité d'un soin médical ou d'une expérience de divertissement, ou encore l'empathie du personnel ou son empressement à bien servir le client? On doit souvent se contenter de mesurer la satisfaction du client, une dimension importante mais qui est sujette à plusieurs biais. Certaines organisations utilisent des clients mystère pour jouer le rôle du client et évaluer la prestation de service. On peut aussi contrôler la qualité des ressources mises en place (par exemple la formation des employés) ou de la réalisation de certaines étapes (telle que la fréquence des activités d'entretien), mais ici encore, il s'agit de mesures indirectes.

Finalement, les exemples précédents montrent que les caractéristiques à contrôler peuvent être de deux ordres : il peut s'agir de variables mesurables (longueur, poids, volume, nombre de bactéries, durée de bon fonctionnement du produit, temps d'attente du client, etc.) ou encore d'attributs (l'appareil fonctionne ou pas, le colis est au bon endroit ou pas, le goût de l'aliment est conforme ou pas, etc.), dans le cas des caractéristiques qu'il est difficile ou impossible de quantifier.

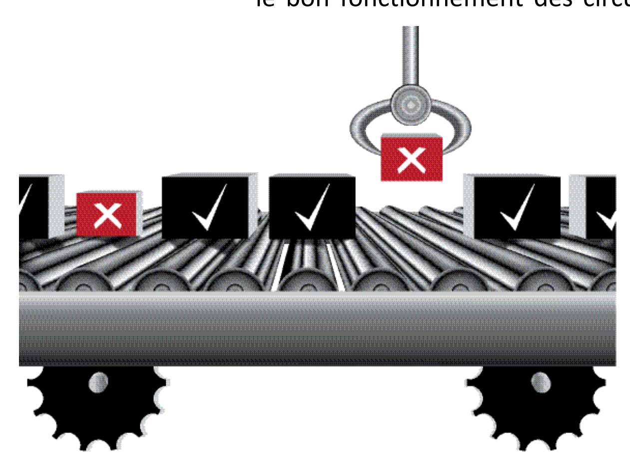
Les autres décisions relatives au contrôle

Le choix des caractéristiques à contrôler détermine en bonne partie les méthodes de contrôle qui seront utilisées. Certaines méthodes sont très simples (par exemple mesurer la longueur ou le poids) alors que d'autres exigent des examens plus complexes tels que des tests physiques, chimiques ou bactériologiques, des examens aux rayons X ou par ultrasons, etc. Le choix des méthodes de contrôle dépend aussi du degré de précision désiré; par exemple, la couleur d'un article peut être vérifiée par un simple examen visuel ou être mesurée précisément à l'aide d'un spectrophotomètre. Dans le cas où le contrôle se fait à l'aide d'instruments de mesure, ces derniers doivent eux-mêmes être soumis à un étalonnage[49] rigoureux et être contrôlés régulièrement, de sorte que les mesures soient toujours fiables.

[49] L'*étalonnage* consiste à vérifier l'exactitude d'un instrument de mesure en le testant à l'aide d'une unité standard appelée *étalon*. Par exemple, pour vérifier et calibrer une balance, on pèse un étalon-gramme ou un étalon-kilo.

Selon la nature des tests à effectuer, la réglementation à respecter et les politiques de l'entreprise, le contrôle peut être fait par l'employé qui réalise le travail, par un employé spécialisé en contrôle de la qualité, ou encore par un laboratoire externe. Par ailleurs, le développement des technologies de l'information a permis d'automatiser plusieurs étapes de contrôle et, surtout, de faciliter l'enregistrement et le traitement des données générées. Plusieurs équipements de production mesurent certaines caractéristiques de qualité pendant la production elle-même et transfèrent les informations dans une base de données qui cumule les informations en temps réel et peut prévenir l'opérateur qu'un problème survient; l'appareil peut même rejeter de lui-même les unités défectueuses ou arrêter automatiquement de fonctionner jusqu'à ce que le problème soit résolu.

On associe souvent le contrôle de la qualité à l'inspection des produits finis, mais la qualité peut être contrôlée à différentes étapes du processus de production. Le choix des points de contrôle est souvent motivé par la volonté d'identifier les défauts avant qu'on ait investi beaucoup d'efforts dans la fabrication. Par exemple, on a tout intérêt à tester le bon fonctionnement des circuits d'un appareil électronique avant d'installer et de sceller le boîtier. De même, s'il est impossible de s'assurer que les fournisseurs et les sous-traitants livreront des produits conformes à nos spécifications (par exemple en effectuant des audits qualité directement chez les fournisseurs), on doit contrôler la qualité au moment de la réception des marchandises pour éviter de travailler à partir de matières ou de pièces défectueuses. L'utilisation de matières impropres à l'usage est une cause importante de mauvaise qualité et est souvent à l'origine de poursuites légales coûteuses, puisqu'il faut démontrer que le défaut provient du fournisseur et n'a pas été introduit pendant la fabrication ou pendant le transport.



La fréquence du contrôle, quant à elle, peut varier selon la situation et les objectifs visés. Dans l'industrie pharmaceutique, la réglementation exige que tous les lots fabriqués soient contrôlés avant de pouvoir quitter l'usine. Dans d'autres secteurs, des contrôles réguliers mais plus espacés sont suffisants. Enfin, certaines entreprises ne font que des contrôles occasionnels; ce type de contrôle est justifié lorsque les activités de prévention permettent d'assurer des produits de bonne qualité et qu'une vérification effectuée au hasard ne fait que confirmer que tout va bien. Cependant, certaines organisations estiment que le contrôle de la qualité est une dépense inutile et n'inspectent les produits que lorsqu'elles reçoivent des plaintes des clients ou des demandes de réparation sous garantie.

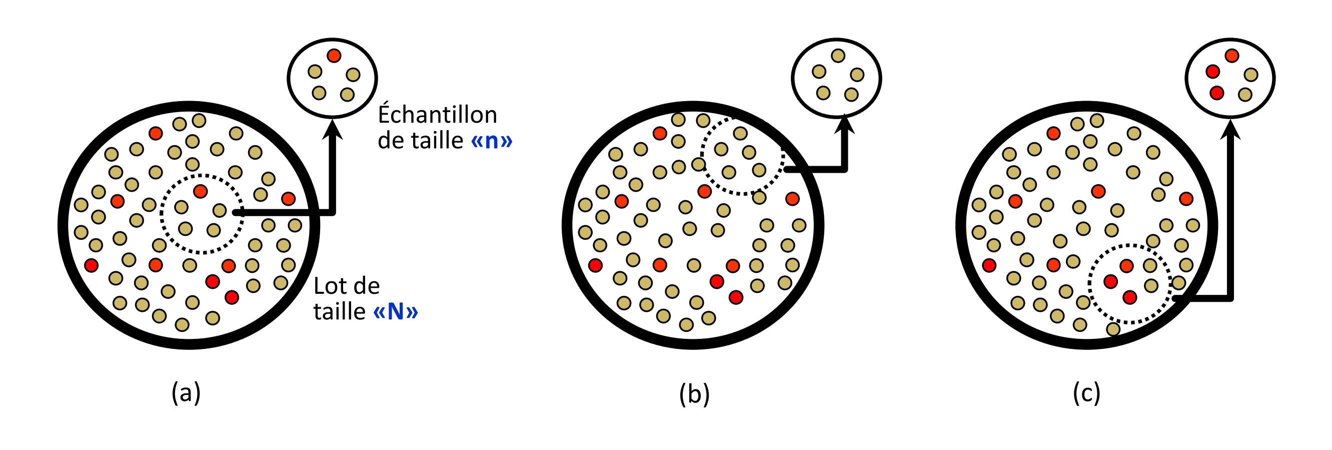
Il est vrai que contrôler la qualité entraîne des coûts : salaire du personnel ou coût du laboratoire qui réalise l'inspection, produits perdus (lorsqu'il s'agit de tests destructifs[50]) et fournitures requises pour effectuer les tests, coût des instruments de mesure et de leur étalonnage, etc. De manière générale, plus le nombre d'unités contrôlées augmente, plus le coût du contrôle augmente. Par contre, un meilleur contrôle réduit les risques de

[50] Comme leur nom l'indique, les tests destructifs sont ceux qui requièrent la destruction ou la consommation du produit testé. Par exemple, pour évaluer la solidité d'un contenant de plastique rigide, on le soumet à la pression jusqu'à ce qu'il se brise.

défaillances internes et externes, qui peuvent s'avérer encore plus coûteuses. La détermination des quantités à contrôler résulte habituellement d'un arbitrage entre le coût du contrôle et le coût des défaillances. Lorsque la présence de défauts peut avoir des conséquences catastrophiques, le contrôle sera exhaustif. Par exemple, les entreprises qui fabriquent des moteurs d'avion inspectent plusieurs fois toutes les soudures en réalisant différents tests (rayons X, ultrasons, etc.), pour réduire le plus possible les risques de défaillance. D'un autre côté, une entreprise qui fabrique des stylos pourra se limiter à contrôler un échantillon de produits. Dans le cas de tests destructifs, il faut aussi ne contrôler qu'un échantillon (sinon, on n'aura plus rien à vendre!)

Le contrôle par échantillonnage consiste à juger de la qualité d'un lot de produits à partir de la qualité constatée dans un sous-groupe de ce lot, comme l'illustre la partie (a) de la figure 10.2. Pour que cette méthode soit valide, l'échantillon prélevé doit être statistiquement représentatif du lot de produits dont il est tiré. Ainsi, les unités à inspecter sont puisées au hasard à l'intérieur du lot (échantillonnage aléatoire). Le nombre d'unités à inspecter dépend du niveau de risque qu'on considère acceptable. En effet, tout échantillonnage entraîne deux risques : d'un côté, il est possible que l'échantillon, par hasard, contienne une moins grande proportion d'unités défectueuses que le lot dont il est tiré (partie (b) de la figure 10.2). En se fiant à cet échantillon, on pourrait accepter un mauvais lot, un risque qu'on qualifie de *risque du client*, puisque c'est celui-ci qui sera pénalisé. D'un autre côté, il est possible que l'échantillon prélevé contienne une proportion d'unités défectueuses plus élevée que celle du lot (partie (c) de la figure 10.2). On refusera alors un bon lot, un risque qu'on qualifie de *risque du fournisseur*, puisque c'est ce dernier qui sera pénalisé si on lui retourne un lot de bonne qualité. Plus la taille de l'échantillon est élevée, plus le risque d'erreur diminue, mais plus le contrôle coûte cher. Ici encore, il faut faire des choix[51].

Figure 10.2 L'échantillonnage et ses risques



[51] Les méthodes de calcul de la taille des échantillons et des niveaux de risque qui y sont associés ne seront pas développées davantage dans ce manuel. On peut toutefois les trouver facilement dans les nombreux ouvrages consacrés au contrôle de la qualité, ou même dans plusieurs livres traitant de statistique.

10.5 La variabilité des procédés et ses conséquences sur la qualité

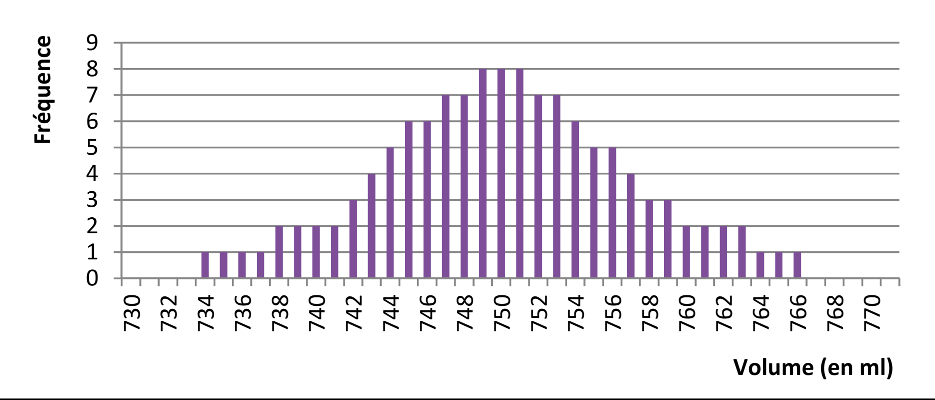
Un des éléments qui déterminent la capacité de l'entreprise à réaliser des produits répondant aux exigences des clients est la variabilité des procédés. Quel que soit le type de procédé, et aussi précis soit-il, les produits qui en résultent présenteront un certain degré de variabilité.



Considérons, par exemple, un appareil qui remplit des bouteilles de détergent à vaisselle à une vitesse de plusieurs centaines de bouteilles à l'heure. Selon l'étiquette collée sur chaque bouteille, elles sont censées contenir 750 ml de détergent; on ajuste donc l'appareil pour qu'il déverse précisément cette quantité. Toutefois, si l'on prélève au hasard 125 bouteilles de détergent et qu'on mesure la quantité contenue dans chacune d'elles, on trouvera probablement que plusieurs bouteilles contiennent un peu plus ou un peu moins de liquide, même si, en moyenne, le contenu des bouteilles est bien de 750 ml. La figure 10.3 illustre la distribution des résultats obtenus; quelques calculs supplémentaires indiquent qu'il s'agit d'une distribution suivant la loi normale, avec un écart-type de 6,7.

Figure 10.3 **Le procédé original de remplissage des bouteilles de détergent à vaisselle**





La variabilité observée est tout à fait aléatoire et elle est caractéristique du procédé de remplissage tel qu'il existe actuellement; on l'appelle *variation naturelle du procédé*. La connaissance des paramètres de cette variation naturelle (distribution, moyenne, écart-type, etc.) est essentielle pour savoir si le procédé est en mesure de répondre aux exigences.

Les exigences de qualité sont traduites de manière concrète sous la forme de spécifications. Dans le cas d'une variable mesurable comme le volume de savon contenu dans une bouteille, les spécifications sont exprimées par une valeur nominale, c'est-à-dire la quantité cible (ici, 750 ml), et par des tolérances supérieures et inférieures, c'est-à-dire les limites qu'on juge tolérables (bien que non idéales). Dans le cas présent, la *Loi sur l'emballage et l'étiquetage des produits de consommation* stipule que les bouteilles de détergent de 750 ml ne peuvent contenir moins de 735 ml de liquide[52], mais elle ne fixe pas de limite supérieure. Toutefois, les bouteilles qui contiennent plus de savon que la quantité affichée entraînent une perte pour l'entreprise (en plus de risquer de déborder du contenant!). Il est donc probable que le fabricant fixe une borne supérieure qui ne devrait pas être dépassée (disons, par exemple, 765 ml). Donc, les spécifications du procédé de remplissage sont de 750 ml ± 15 ml. Les spécifications sont fixées soit par le client (en particulier dans le cas des clients industriels ou institutionnels), soit par la réglementation, soit par le fabricant lui-même.

La capacité opérationnelle et son calcul

D'entrée de jeu, la figure 10.3 permet de constater qu'une bouteille parmi les 125 unités testées dépasse la tolérance inférieure et qu'une autre dépasse la tolérance supérieure. On constate donc que le procédé de remplissage actuel n'est pas capable de respecter les tolérances établies quant au volume contenu dans les bouteilles. C'est ce qu'on appelle la *capacité opérationnelle du procédé*. La capacité opérationnelle est la comparaison entre la variation naturelle des produits générée par le procédé et les tolérances à ne pas dépasser. Autrement dit, c'est la comparaison entre ce que le procédé est capable de faire (c.-à-d. sa variabilité naturelle) et ce qu'on veut qu'il fasse (c.-à-d. respecter les spécifications).

Dans le cas d'une distribution suivant la loi normale, on sait que la variation est telle que 99,73 % des valeurs sont situées à l'intérieur d'un intervalle de plus ou moins trois fois l'écart-type (σ), soit un intervalle total de 6 σ. C'est la variation naturelle du procédé. En la comparant à l'intervalle des tolérances, il est possible de calculer un indice de capacité opérationnelle (Cp) :

$$Cp = \frac{\text{Limite de tolérance supérieure } (LTS) - \text{Limite de tolérance inférieure } (LTI)}{6\ \sigma}$$

52 Source : *Loi sur l'emballage et l'étiquetage des produits de consommation*, [en ligne]; http://lois-laws.justice.gc.ca/fra/reglements/C.R.C.,_ch._417/, consultée le 15 mai 2014.

Toutefois, comme on ne connaît pas l'écart-type de tout le lot de bouteilles de détergent dont est tiré l'échantillon (σ), on l'estime à partir de l'écart-type de l'échantillon, s_d[53]. La formule devient donc :

Indice de capacité opérationnelle (*Cp*)

$$Cp = \frac{\text{Limite de tolérance supérieure } (LTS) - \text{Limite de tolérance inférieure } (LTI)}{6\ s_d}$$

Si l'intervalle des tolérances est plus petit que l'intervalle de la variation naturelle du procédé, on obtiendra un indice de capacité opérationnelle plus petit que 1,0. Le procédé est alors incapable de respecter les tolérances. Si $Cp > 1{,}0$, le procédé est capable de respecter les tolérances. Dans le cas du procédé de remplissage donné en exemple, le *Cp* est calculé par la formule :

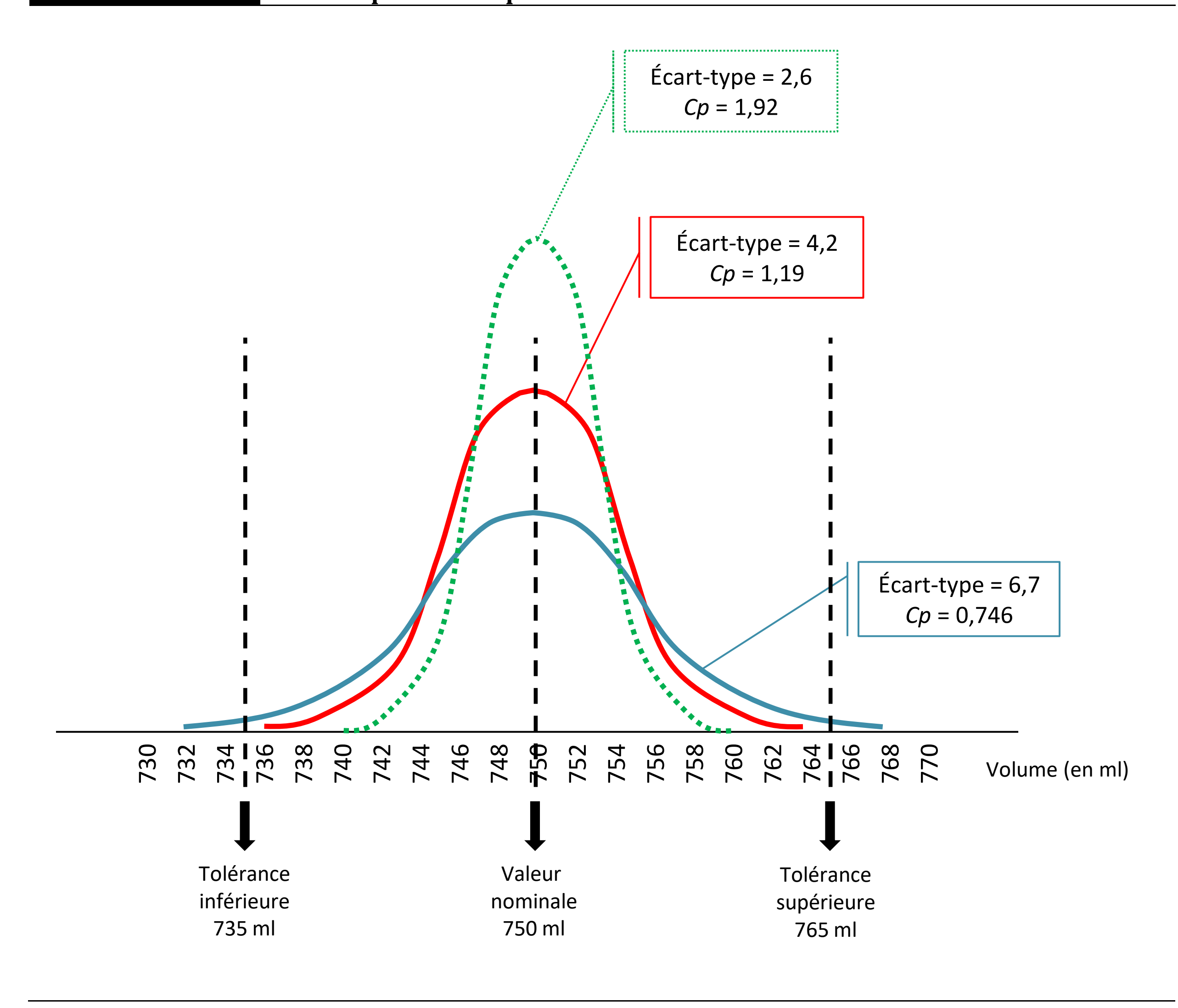
$$Cp = \frac{765\text{ ml} - 735\text{ ml}}{6 \times 6{,}7} = 0{,}746$$

Le procédé de remplissage actuel ne peut donc pas respecter les tolérances exigées. Il faut bien comprendre ici que ce procédé n'est pas défaillant – il fonctionne tout à fait normalement. Simplement, l'étendue de sa variation naturelle est plus grande que l'étendue des tolérances, si bien qu'il ne répond pas aux besoins de l'entreprise, compte tenu de la réglementation à respecter. La seule façon d'améliorer la situation consiste à étudier les paramètres du procédé pour identifier les sources de cette variabilité, puis d'y apporter des améliorations fondamentales. Dans le cas d'un procédé de remplissage comme celui-ci, les facteurs à considérer pourraient être le temps de remplissage (un remplissage trop rapide est peut-être moins précis); le choix de l'appareil de remplissage (il existe peut-être des remplisseuses dont le débit est plus juste); la viscosité variable du détergent (un savon plus liquide s'écoule plus vite qu'un savon plus épais); la température environnante (la chaleur et l'humidité influencent la viscosité du détergent); la présence de vibrations provenant du convoyeur et affectant le débit de la remplisseuse; etc.[54] Ici, par exemple, on a décidé de réduire un peu la vitesse de remplissage et de mettre en place un système de contrôle de la température et de l'humidité. Après que le nouveau procédé se soit stabilisé, on a prélevé un autre échantillon de 125 bouteilles et repris les mesures; on a obtenu une moyenne de 750 ml avec un écart-type de 4,2, soit un indice *Cp* de 1,19. La figure 10.4 compare la distribution de fréquence de l'ancien processus (en turquoise) et du nouveau (en rouge). La courbe verte montre ce qui se passe s'il est possible d'améliorer encore plus le procédé pour réduire la variabilité du remplissage jusqu'à obtenir un écart-type de 2,6 (donc un *Cp* de 1,92).

[53] On verra plus loin dans ce chapitre une autre manière d'estimer 6 σ.

[54] Notons que dans un procédé ayant une composante manuelle, l'employé pourrait aussi être une cause de variation (variation d'un employé à l'autre selon l'expertise, la formation, les méthodes de travail, etc., ou variation du même employé selon le degré de fatigue, le niveau d'attention, etc.). On suggère parfois, comme aide-mémoire pour passer en revue les différentes causes de variation possibles, d'examiner les « 5 M » : matières premières, méthodes de travail, machines, main-d'œuvre, milieu environnant.

Figure 10.4 **Effet de la réduction de la variabilité sur la capacité à respecter les tolérances**



Connaître la variabilité naturelle d'un procédé à l'égard d'une caractéristique de qualité n'est ni très compliqué ni très coûteux. Il suffit, lorsque le procédé est stable, de prélever un échantillon substantiel (au moins 50 unités et idéalement plus de 100) de produits, de mesurer la caractéristique en question et de compiler les résultats (distribution de fréquences, moyenne et écart-type). L'étude de la capacité opérationnelle du procédé fournit des informations cruciales :

1) Comme on vient de le voir, connaître la variation naturelle du procédé permet de savoir si le procédé actuel est capable ou non de respecter les tolérances établies. S'il n'en est pas capable, le gestionnaire a différentes options. La première option consiste à refuser la commande du client (ou à cesser la

fabrication) tant que le procédé n'a pas été amélioré pour en réduire la variabilité. C'est l'option qui devrait être privilégiée, en particulier si le dépassement des tolérances entraîne des risques ou des coûts importants. La deuxième option est de continuer à produire mais d'effectuer un contrôle de toutes les unités fabriquées pour éliminer les produits défectueux[55], comme l'illustre la figure 10.5 (a). L'inspection unitaire et le tri peuvent toutefois être onéreux. La troisième option consiste à continuer de produire sans faire de contrôle, mais en sachant qu'on court le risque qu'un inspecteur externe – ou les clients eux-mêmes – détectent les produits non conformes; il faut alors se préparer à en subir les conséquences (amende à payer, client à dédommager, etc.). Cette dernière option n'est pas souhaitable, mais elle peut être acceptable à court terme si les défauts n'ont pas d'impact important. Il faut toutefois régler éventuellement le problème, à moins d'accepter de se positionner sur le marché comme un fournisseur dont les produits sont de qualité douteuse;[56]

2) Elle informe les gestionnaires de la marge de manœuvre dont on dispose pour faire face à des dérèglements temporaires du procédé. Un procédé dont le *Cp* est de 1,0 est minimalement capable de respecter les tolérances, mais il produit néanmoins 2 700 défauts par million d'unités. De plus, s'il se dérègle le moindrement, le nombre de défauts augmentera rapidement. Par contre, si le procédé a un *Cp* de 2,0 (donc si les tolérances sont à ± 6 σ de la valeur nominale), il devient très robuste; par exemple, si ce procédé dévie de l'équivalent de 1,5 σ (vers la gauche ou vers la droite), la très grande majorité des unités fabriquées respecteront néanmoins les tolérances (le procédé ne générera que 3,4 défauts par million[57]). Ce phénomène, illustré à la figure 10.5 (b), est souvent comparé à la marge de manœuvre dont dispose le conducteur d'une automobile qui doit circuler dans une ruelle étroite. Si l'espace est tout juste assez large pour laisser passer le véhicule, on risque l'accident à la moindre fausse manœuvre (et le conducteur sera très stressé!), alors que s'il est un peu plus large (voir la figure 10.5 (c)), le véhicule pourra dévier un peu vers la droite ou vers la gauche sans trop de danger. Pour cette raison, même si un procédé qui a un *Cp* supérieur à 1,0 est « capable », un bon système de gestion de la qualité exige habituellement des valeurs de *Cp* d'au moins 1,33 (ce qui correspond à 63 défauts par millions d'unités), et les entreprises plus performantes recherchent des valeurs de *Cp* supérieures à 2,0;

---

[55] La connaissance de la variation permet d'évaluer le nombre d'unités défectueuses, en utilisant une table de distribution de fréquences de la loi normale; par exemple, si le procédé a un indice de capacité opérationnelle (*Cp*) de 1,0 et qu'il est centré sur la valeur nominale, il génère 0,27 % d'unités hors tolérances, soit 2 700 défauts par million d'unités produites.

[56] Soulignons que dans le cas d'un procédé de remplissage comme celui illustré à la figure 10.4, une quatrième option est possible. On pourrait ajuster la remplisseuse à une quantité suffisamment supérieure à 750 ml pour que les bouteilles contenant le moins de détergent respectent le minimum exigé de 735 ml. Toutefois, cela implique que la majorité des bouteilles contiendront plus que 750 ml de détergent, ce qui représente une perte nette pour l'entreprise (et, si les bouteilles débordent, peut créer d'autres problèmes).

[57] Ce principe est d'ailleurs le fondement technique de l'approche « Six sigma », une démarche d'amélioration de la qualité adoptée par plusieurs organisations.



Figure 10.5 **Les impacts de la variabilité des procédés**

3) Elle met en évidence que la qualité ne se limite pas au respect des tolérances. Prenons l’exemple d’un approvisionneur qui doit acheter des milliers de vis pour assembler des meubles. Si les spécifications quant au diamètre sont de 6,2 mm ± 0,1 mm et que l’acheteur a le choix, pour le même prix, entre un fournisseur X, dont le procédé a un *Cp* de 1,4 et un fournisseur Y, dont le procédé a un *Cp* de 1,8, lequel devrait-il choisir? Si toute autre chose est égale par ailleurs, il devrait choisir le fournisseur Y. D’abord, même si les deux fournisseurs auront un taux de vis défectueuses très bas, il sera plus faible chez le fournisseur Y. Mais surtout, toutes les vis fournies par le fournisseur Y seront plus près de ce que le client désire vraiment, soit des vis d’un diamètre de 6,2 mm. Les tolérances ne sont pas ce que veut le client, mais ce qu’il est prêt à tolérer. Le statisticien Genichi Taguchi a étudié ce phénomène et a montré que la valeur du produit est à son maximum (ou entraîne le minimum de perte) lorsque le produit est exactement à la valeur nominale. Dès qu’on

s'éloigne de la valeur nominale (ici, 6,2 mm), le produit n'est plus aussi bon. Cette fonction de perte est illustrée à la figure 10.5 (d). Cette notion est extrêmement importante dans le cas de pièces standardisées qui doivent s'ajuster les unes aux autres, comme dans le cas du boulon discuté précédemment. Même si la vis, la rondelle et l'écrou respectent tous les trois les tolérances et peuvent être assemblés, si l'on met ensemble une vis dont le diamètre est près de la tolérance minimale et un écrou dont le diamètre central est près de la tolérance maximale, le boulon sera moins solide. Le boulon le plus solide – et donc celui dont la valeur est maximale – est celui dont les trois composants sont exactement de la bonne dimension. Ici encore, lorsque le produit est composé de centaines de pièces, cette perte de valeur est démultipliée, si bien que la probabilité de se retrouver avec un produit dont tous les composants sont parfaitement ajustés diminue rapidement.

10.6 Les cartes de contrôle

La connaissance de la variation naturelle des procédés a un autre avantage majeur : une fois qu'on sait comment le procédé varie normalement, on peut déterminer à quel moment il varie *anormalement*. Contrairement aux variations normales, les variations anormales ont une cause qui est apparue tout à coup et qu'il est éventuellement possible d'identifier et d'éliminer. Ce principe est à la base des cartes de contrôle statistique du procédé.

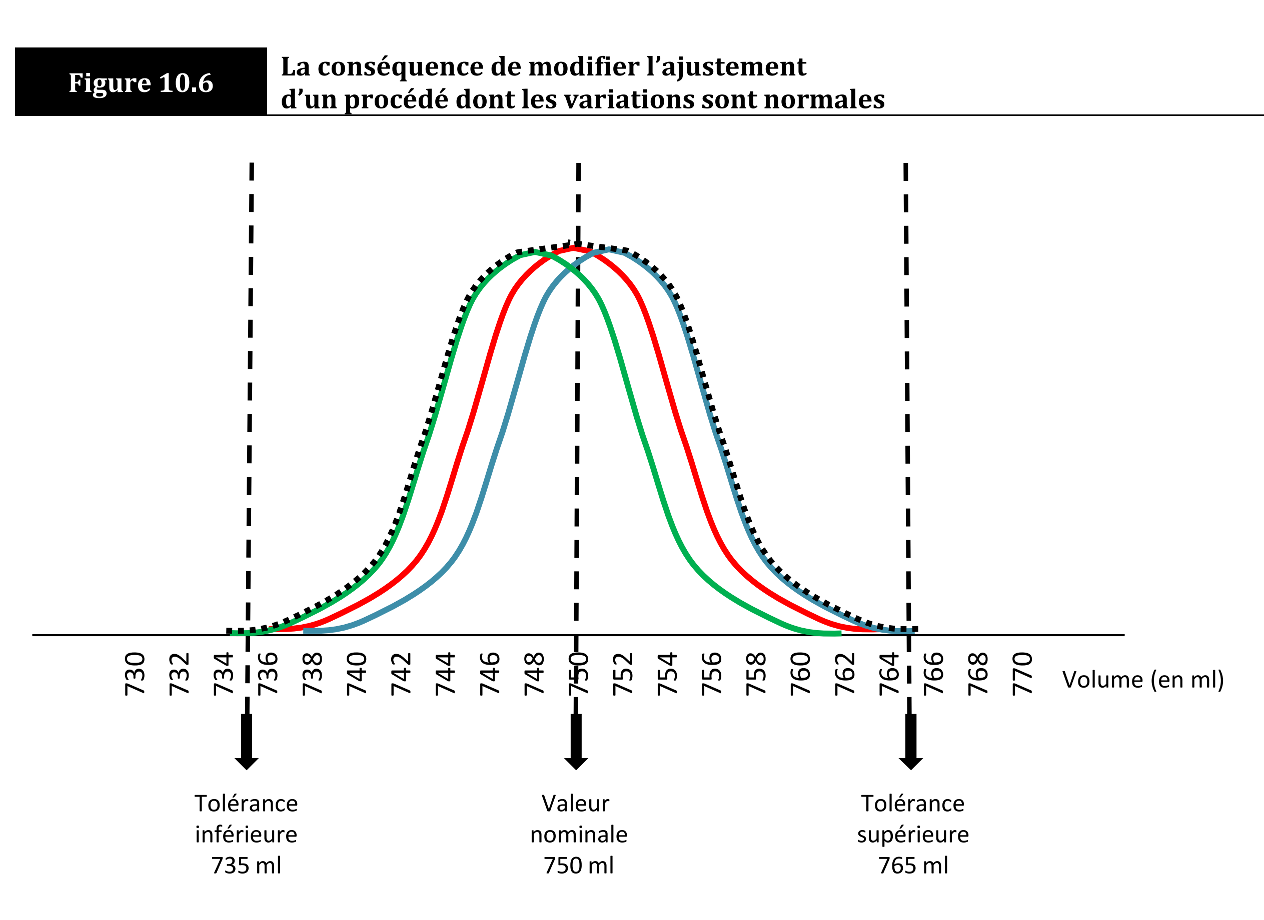


L'objectif des cartes de contrôle du procédé est d'agir dès que le procédé ne fonctionne plus normalement, sans attendre qu'il ait produit des unités défectueuses. On se sert donc des connaissances accumulées sur sa variation naturelle pour contrôler le procédé de production lui-même, et ce, de manière régulière et en temps réel. Par ailleurs, s'il est important d'agir dès que le procédé ne fonctionne pas comme d'habitude (on dit alors que le procédé est *hors contrôle*), il est tout aussi important de ne pas agir tant que le procédé fonctionne normalement (ce qu'on appelle un procédé *sous contrôle*).

Quand *ne pas* agir

Il peut être tentant d'essayer de corriger le procédé dès qu'on détecte une unité qui sort des tolérances ou qui s'en rapproche, ou même dès qu'on s'éloigne de la valeur nominale. Il est toutefois essentiel de se souvenir que de telles variations sont tout à fait normales : dans notre procédé de remplissage dont l'écart-type est 4,2 (Cp = 1,19), environ 5 % des bouteilles de détergent contiendront moins de 742 ml de détergent ou plus de 759 ml. Toutefois, on a souvent observé que des employés, pensant bien faire, avaient tendance à réajuster l'appareil dès qu'ils trouvaient une bouteille aussi éloignée de la cible visée : si la bouteille testée contenait trop peu de détergent, on augmentait un peu le réglage de la remplisseuse; si la bouteille testée contenait trop de détergent, on diminuait le réglage. Malheureusement, en agissant ainsi, on ne fait qu'empirer la situation. Comme l'illustre la figure 10.6, changer le réglage du procédé alors que les variations observées sont normales ne fait que déplacer la distribution vers la droite (si l'on augmente le remplissage, courbe turquoise) et vers la gauche (si on le diminue, courbe verte). Au bout du compte, on n'a fait qu'augmenter la variabilité totale des unités fabriquées (courbe noire pointillée) et augmenter la proportion d'unités défectueuses. En conclusion, à moins d'avoir de bonnes raisons de croire que les variations observées ne font pas partie de la variation naturelle du procédé, il vaut mieux ne pas y toucher.

Figure 10.6 **La conséquence de modifier l'ajustement d'un procédé dont les variations sont normales**



Quand agir

C'est lorsqu'on observe des variations qui ne peuvent pas être attribuées à la variabilité naturelle du procédé qu'il faut agir, c'est-à-dire en rechercher les causes pour les éliminer et ramener le procédé sous contrôle. Cette détection exige que les personnes en charge du procédé (opérateur, superviseur, autre employé) soient capables, en temps réel, de réaliser un test de normalité statistique : les variations observées sont-elles normales ou pas? Pour ce faire, on élabore une forme de graphique appelé *carte de contrôle*. D'abord, on doit déterminer les paramètres de la carte de contrôle (c'est-à-dire, savoir comment le procédé se comporte normalement) puis la construire. Ensuite, on peut l'utiliser au quotidien pour déterminer si les variations observées sont normales ou anormales. Notons qu'il existe plusieurs types de cartes, selon que la caractéristique de qualité est une mesure ou un attribut, et selon différentes situations[58]. Nous nous limiterons ici à un type de carte fréquemment utilisé, la carte moyennes-étendues (ou carte $\bar{X} - R$).

La construction d'une carte $\bar{X} - R$ comporte plusieurs étapes :

Étape 1 – Prélever des échantillons

Pour déterminer le comportement normal du procédé, on doit prélever, à intervalles réguliers, de petits échantillons de taille *n* (entre 2 et 25 unités) et mesurer, pour chacun des produits prélevés, la caractéristique de qualité qui nous intéresse. Pour la remplisseuse de bouteilles de détergent, par exemple, on pourrait prélever au hasard, à toutes les 30 minutes, un échantillon de cinq bouteilles et mesurer le volume qu'elles contiennent, comme le montre la partie supérieure de la figure 10.7. Notons que les données ne devraient être recueillies que lorsque le procédé est bien rodé et que tout porte à croire qu'il fonctionne normalement.

Étape 2 – Calculer les moyennes et les étendues

Pour chacun des échantillons, on calcule la moyenne $\bar{X}$ et l'étendue *R* (l'étendue, en anglais *range*, est la différence entre la plus petite valeur et la plus grande valeur de l'échantillon).

Étape 3 – Calculer la moyenne des moyennes et la moyenne des étendues

Une fois qu'on a recueilli un nombre suffisant de petits échantillons pour bien représenter la variation naturelle du procédé (normalement, au moins une trentaine), on peut calculer les paramètres de la carte. En fait, la carte de contrôle $\bar{X} - R$ est formée de deux cartes distinctes : la carte des moyennes (carte $\bar{X}$) et la carte des étendues (carte *R*). La carte des moyennes représente comment varient les moyennes de chacun des échantillons prélevés. Son axe central est la moyenne des moyennes ($\bar{\bar{X}}$) de tous les échantillons

[58] Par exemple, il y a des cartes qui compilent le nombre d'unités défectueuses, la proportion d'unités défectueuses ou le nombre de défauts par unité prélevée (lorsqu'une même unité de produit peut contenir plusieurs défauts différents). D'autre cartes sont plus appropriées pour les lots de petite taille ou lorsqu'il n'est possible de prélever que des échantillons de taille *n* = 1.

prélevés. La carte des étendues représente comment varient les étendues de chacun des échantillons prélevés. Son axe central est la moyenne des étendues ($\bar{R}$) de tous les échantillons prélevés.

ÉTAPE 4 – CALCULER LES LIMITES DE CONTRÔLE DES DEUX CARTES.

Puisqu'on cherche à étudier la variation, chacune des deux cartes est composée d'un axe central mais aussi de deux limites de contrôle (la limite supérieure de contrôle, *LSC*, et la limite inférieure de contrôle, *LIC*).

Pour la carte des moyennes :

$$LSC = \bar{\bar{X}} + (A_2 \times \bar{R})$$

$$LIC = \bar{\bar{X}} - (A_2 \times \bar{R})$$

Pour la carte des étendues :

$$LSC = D_4 \times \bar{R}$$

$$LIC = D_3 \times \bar{R}$$

Ici, A_2, D_4 et D_3 sont des coefficients donnés à l'annexe 2 et qui dépendent de la valeur de n, c'est-à-dire de la taille de chacun des échantillons (et non du nombre total d'échantillons prélevés). Ces coefficients ont été établis de telle sorte que *LSC* et *LIC* sont situés à plus ou moins trois écarts-types de l'axe central (toutefois, il s'agit ici de l'écart-type des moyennes, pour la carte des moyennes, et de l'écart-type des étendues, pour la carte des étendues).

ÉTAPE 5 – TRACER LES DEUX CARTES DE CONTRÔLE

La carte des moyennes présente graphiquement les moyennes de chacun des échantillons prélevés, comme l'illustre la figure 10.7 (partie centrale). L'échelle de la carte doit permettre de bien voir l'évolution des points représentant les moyennes de chacun des échantillons, tout en permettant de placer les limites supérieures et inférieures de contrôle (et, éventuellement, des points qui dépasseraient ces limites). Il faut donc avoir calculé *LSC* et *LIC* avant de tracer la carte. La carte des étendues présente graphiquement les étendues de chacun des échantillons prélevés (partie du bas de la figure 10.7). Ici encore, il importe de choisir une échelle appropriée lors de la conception de la carte.

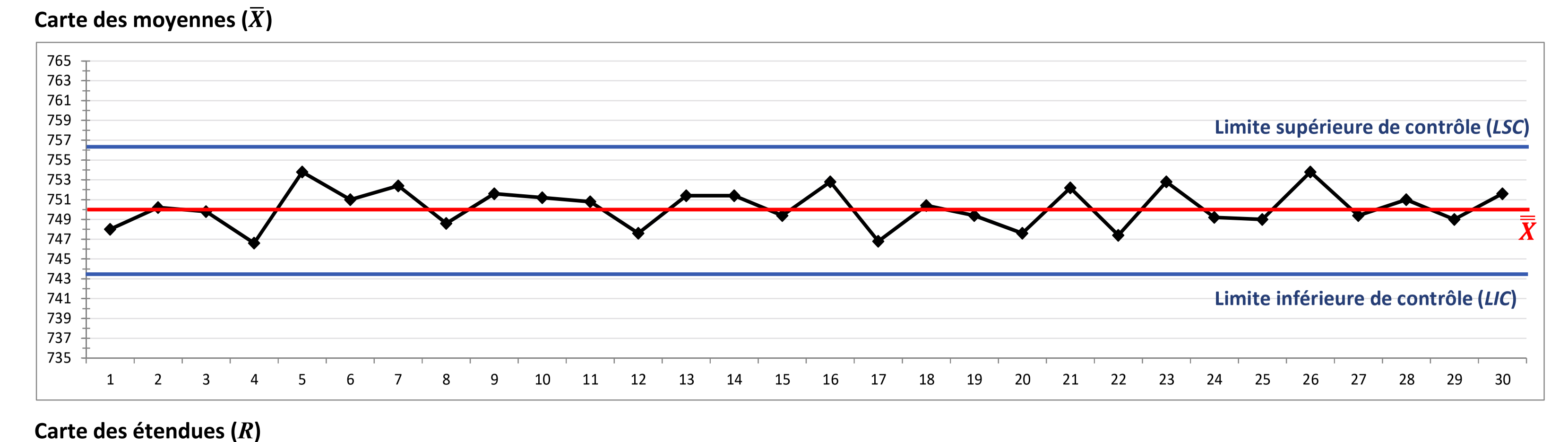
Figure 10.7 Les cartes de contrôle moyennes étendues du procédé de remplissage

Échantillons prélevés

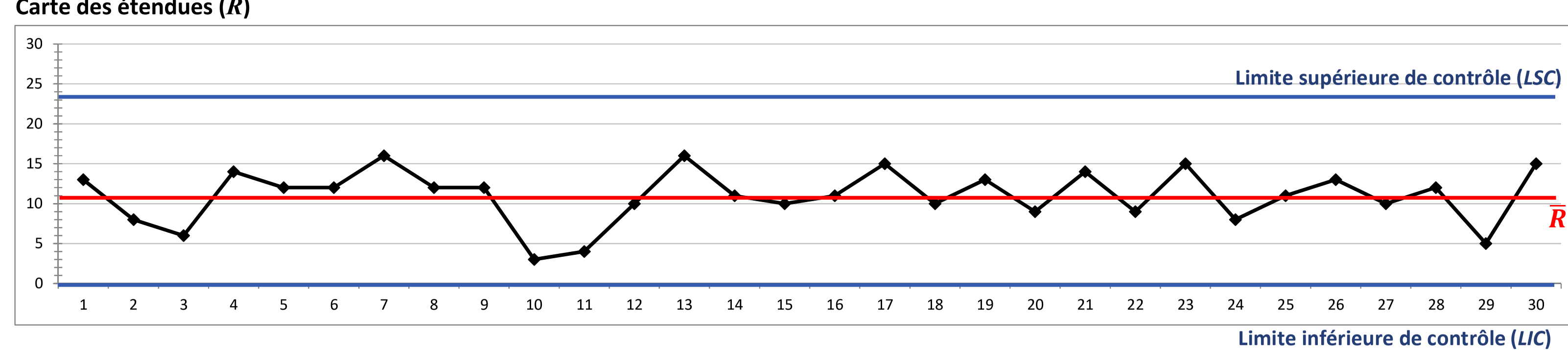
jour	17-avr															
heure	07:30	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00
mesures	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	750	755	746	741	753	752	751	754	751	750	749	748	750	751	750	753
2	753	751	752	752	756	749	750	746	748	752	752	746	761	750	746	751
3	751	748	751	753	761	758	753	751	750	753	750	742	745	759	751	760
4	746	747	749	748	749	746	762	750	760	750	750	752	751	748	745	751
5	740	750	751	739	750	750	746	742	749	751	753	750	750	749	755	749
Moyenne ($\bar{X}$)	**748**	**750,2**	**749,8**	**746,6**	**753,8**	**751**	**752,4**	**748,6**	**751,6**	**751,2**	**750,8**	**747,6**	**751,4**	**751,4**	**749,4**	**752,8**
Étendue (R)	**13**	**8**	**6**	**14**	**12**	**12**	**16**	**12**	**12**	**3**	**4**	**10**	**16**	**11**	**10**	**11**

jour	18-avr													
heure	07:30	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00
mesures	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	743	751	751	748	752	746	760	753	753	751	746	752	746	750
2	750	755	746	744	753	748	745	750	750	752	750	749	748	751
3	741	745	753	744	760	751	752	745	751	763	751	758	751	748
4	756	751	755	749	746	750	756	747	749	750	755	746	750	762
5	744	750	742	753	750	742	751	751	742	753	745	750	750	747
Moyenne ($\bar{X}$)	**746,8**	**750,4**	**749,4**	**747,6**	**752,2**	**747,4**	**752,8**	**749,2**	**749**	**753,8**	**749,4**	**751**	**749**	**751,6**
Étendue (R)	**15**	**10**	**13**	**9**	**14**	**9**	**15**	**8**	**11**	**13**	**10**	**12**	**5**	**15**

Carte des moyennes ($\bar{X}$)



Carte des étendues (R)



Exemple de calcul

La figure 10.7 présente les mesures du volume de détergent effectuées à partir de 30 échantillons de cinq bouteilles (n = 5). À partir de ces données, on a calculé les moyennes ($\bar{X}$) et les étendues (R) de chaque échantillon, tel qu'indiqué.

On calcule ensuite la moyenne des moyennes ($\bar{\bar{X}}$), qui est égale à 750,2 ml. La moyenne des étendues, quant à elle, est de $\bar{R}$ = 10,97. Ces deux valeurs sont les axes centraux des cartes $\bar{X}$ et R (les lignes rouges sur chacune des cartes).

Pour la carte des moyennes, les limites de contrôle sont :

$$LSC = \bar{\bar{X}} + (A_2 \times \bar{R})$$
$$LSC = 750{,}2 + (0{,}577 \times 10{,}97)$$
$$LSC = 756{,}5$$

$$LIC = \bar{\bar{X}} - (A_2 \times \bar{R})$$
$$LIC = 750{,}2 - (0{,}577 \times 10{,}97)$$
$$LIC = 743{,}9$$

Notons que la valeur de A_2 (0,577) provient de l'annexe 2, à n = 5, puisque chaque échantillon est composé de cinq bouteilles de détergent[59].

Pour la carte des étendues, les limites de contrôle sont :

$$LSC = D_4 \times \bar{R}$$
$$LSC = 2{,}115 \times 10{,}97$$
$$LSC = 23{,}2$$

$$LIC = D_3 \times \bar{R}$$
$$LIC = 0 \times 10{,}97$$
$$LIC = 0$$

Les valeurs de D_4 (2,115) et de D_3 (0) proviennent elles aussi de l'annexe 2, à n = 5.

Une fois les limites calculées, on les trace clairement sur les cartes (ici, avec des traits bleus). On reporte ensuite sur chacune des cartes les valeurs de $\bar{X}$ et de R calculées pour chacun des 30 échantillons.

ÉTAPE 6 – ÉVALUER LES DEUX CARTES

Avant de pouvoir utiliser les cartes, il faut évaluer si le procédé semblait sous contrôle au moment où l'on a prélevé les échantillons. À moins qu'on ait des raisons de croire le contraire, les moyennes et les étendues d'un procédé sous contrôle devraient être distribuées selon une loi normale. Un procédé est sous contrôle si toutes les conditions suivantes sont respectées :

[59] Il est important de ne pas confondre la taille de chacun des échantillons (ici, il y a cinq bouteilles de détergent dans chaque échantillon, donc n = 5) avec le nombre d'échantillons recueillis (ici, 30 échantillons).

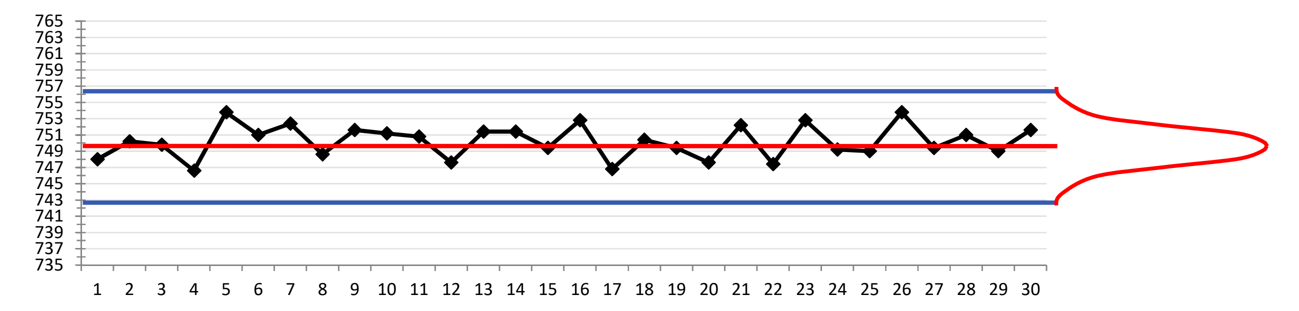
1) Tous les points sont à l'intérieur des limites de contrôle;

2) La répartition des points est symétrique autour de l'axe central (c.-à-d. il y a à peu près autant de points de chaque côté de l'axe);

3) La distribution des points est centrée sur la moyenne (c.-à-d. la plupart des points sont près de l'axe central; selon la loi normale, on devrait s'attendre à trouver environ les deux tiers des points à l'intérieur du tiers central de la carte);

4) Les points sont distribués au hasard (c.-à-d. si l'on considère l'ensemble des points, on ne voit pas de tendance à la hausse ou à la baisse, ni de cycle apparent).

Autrement dit, si l'on compilait les points de la carte sous la forme d'une courbe de fréquence, cette dernière devrait ressembler à une distribution normale :



Notons que pour que le procédé soit sous contrôle, il faut que les deux cartes ($\bar{X}$ et R) respectent les quatre critères précédents, bien qu'on les applique avec moins de rigueur pour la carte R que pour la carte $\bar{X}$. Les deux cartes de contrôle présentées à la figure 10.7 répondant à tous les critères, on peut dire qu'au moment de la prise des 30 échantillons, le procédé de remplissage des bouteilles de savon était sous contrôle : les variations observées étaient des variations normales.

Une fois que la carte moyennes-étendues est construite et validée, il est possible, au quotidien, de l'utiliser comme test de normalité statistique pour vérifier les prochains échantillons et s'assurer que le procédé demeure sous contrôle. Le responsable du procédé continue de prélever de petits échantillons à intervalles réguliers, il calcule la moyenne et l'étendue de chaque échantillon, et il ajoute les points correspondants au bout de chacune des cartes. Si la répartition des points continue de répondre aux critères précédents, il n'y a pas lieu de s'inquiéter et, tel que discuté précédemment, il ne faut surtout pas intervenir. Par contre, si la répartition des points ne répond plus aux critères de normalité statistique, il est possible que le procédé soit hors contrôle et, à ce moment, il faut agir. Remarquons qu'on ne doit pas recalculer les axes centraux et les limites de contrôle : puisque les paramètres de la carte de contrôle (limites de contrôle et axe central) sont caractéristiques du comportement normal du procédé dans ses conditions habituelles de fonctionnement, ils n'ont pas à être changés tant que le procédé n'a pas été modifié intentionnellement. Toutefois, si l'on change le procédé de manière substantielle (nouvelle méthode de travail, nouvel équipement, matières premières très différentes) ou qu'on effectue une réparation ou une mise au point majeure de l'appareil, alors on accumule de nouvelles données et l'on recalcule toutes les valeurs. Certaines entreprises choisissent aussi de recalculer périodiquement les paramètres des cartes de contrôle pour s'assurer que tout va bien.

Les procédés hors contrôle

Il faut une certaine expérience pour bien évaluer si un procédé est sous contrôle ou non. On peut toutefois établir certaines règles qui permettent d'en juger, toutes fondées sur la question : « De telles variations peuvent-elles être dues au hasard statistique? ». On trouvera ci-après quelques exemples de procédés hors contrôle, mais il en existe bien davantage. Par ailleurs, la répartition des points d'un procédé hors contrôle peut fournir des indices sur les causes possibles du problème.

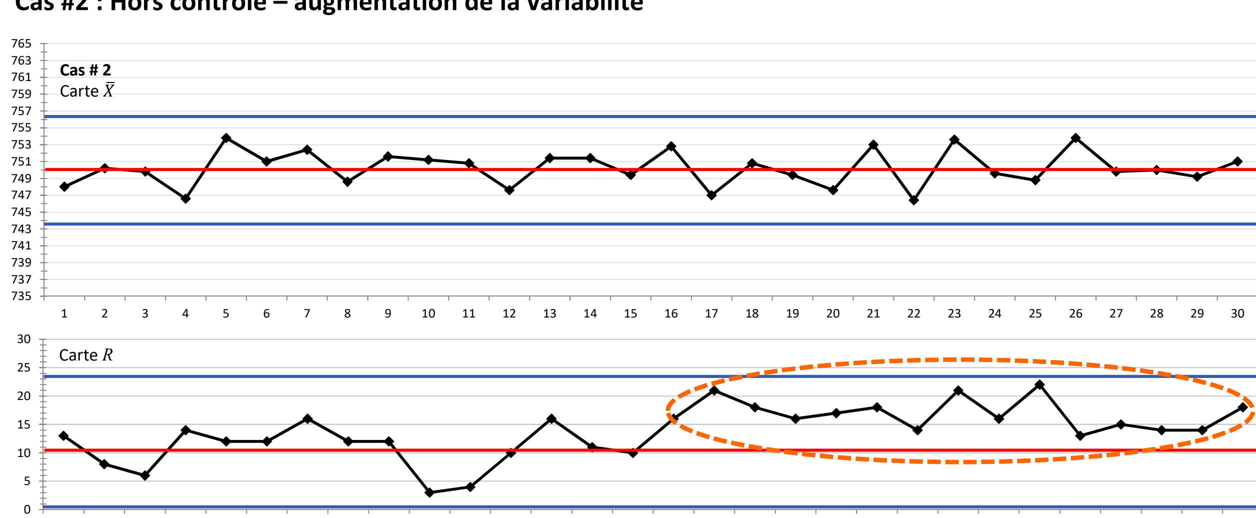
Cas #1 : Hors contrôle – déplacement de la moyenne

Cas # 1
Carte $\bar{X}$

Carte R

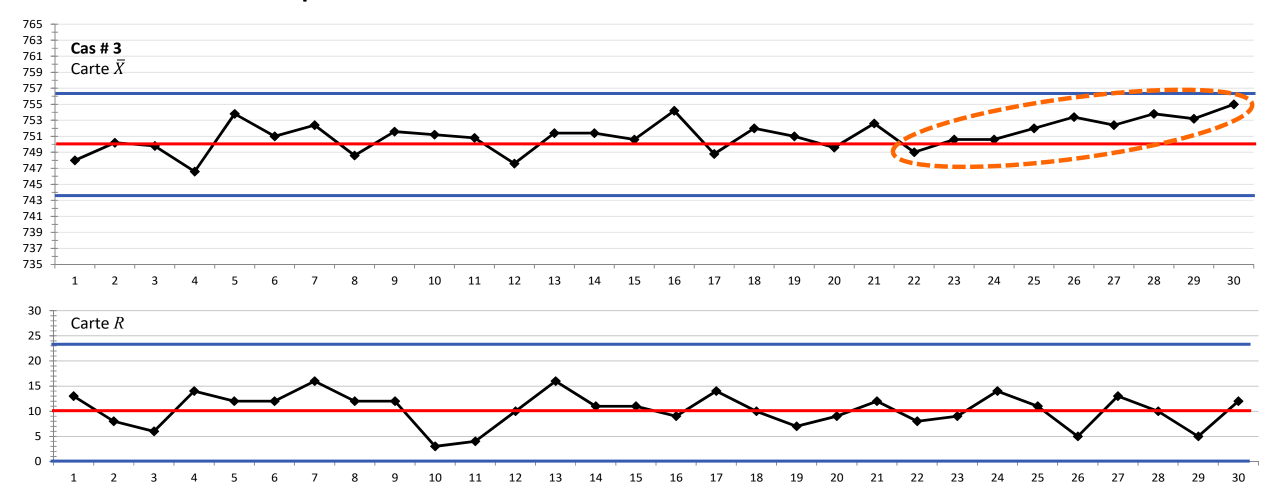
Le procédé était sous contrôle au début de la carte, mais il est devenu hors contrôle : sur la carte des moyennes, presque tous les points à partir du point n°18 sont au-dessus de l'axe central. On déclare le procédé hors contrôle lorsqu'au moins sept points de suite sont du même côté de l'axe central (la probabilité qu'une telle répartition soit due au hasard n'est que de 0,8 %). On remarque cependant que les points au-dessus de la ligne ne présentent pas de tendance particulière et que la carte des étendues est normale. Il est probable que le réglage de la remplisseuse ait été modifié accidentellement (par exemple, elle n'est plus réglée sur une quantité de 750 ml mais de 752 ml) ou que le système de réglage ait besoin d'être recalibré.

Cas #2 : Hors contrôle – augmentation de la variabilité



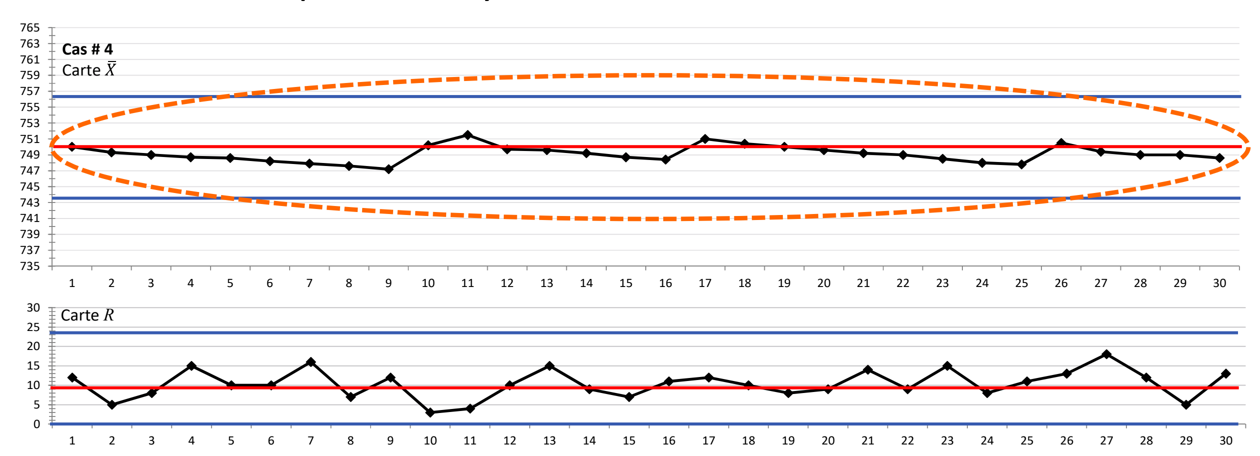
Le procédé était sous contrôle au début de la carte, mais il est devenu hors contrôle. Selon la carte des moyennes, tout semble normal, mais la carte des étendues montre qu'à partir du point n°16, toutes les étendues sont au-dessus de l'axe central. Autrement dit, même si la moyenne de chacun des échantillons est correcte, il y a plus de variation à l'intérieur de chaque échantillon. Ici, il faut rechercher une cause qui expliquerait un tel phénomène (par exemple, les vibrations ont occasionné le relâchement d'une pièce qui contrôle le volume, le lot de détergent n'a pas une viscosité homogène, etc.).

Cas #3 : Hors contrôle – présence d'une tendance



Le procédé était sous contrôle au début de la carte, mais il est devenu hors contrôle. La carte des moyennes montre qu'à partir du point n°22, les moyennes ne sont plus réparties selon les lois du hasard statistique mais présentent globalement une nette tendance à la hausse. Ici encore, on déclare le procédé hors contrôle lorsqu'au moins sept points de suite, considérés dans leur ensemble, montrent une tendance à la hausse ou à la baisse. Le fait que les étendues qui correspondent à ces points soient normales confirme que ce sont toutes les unités de chacun des échantillons qui montrent cette tendance à la hausse, et non pas seulement quelques unités isolées. Il faut donc chercher une cause qui expliquerait une telle hausse régulière de la quantité (par exemple une augmentation continue de la température environnante qui diminue constamment la viscosité du détergent, une partie de l'équipement qui se dérègle de plus en plus, etc.).

Cas #4 : Hors contrôle – présence d'un cycle



Le procédé n'est pas sous contrôle dès le début de la carte, à moins que ce cycle fasse partie de son comportement naturel. La carte des moyennes montre que celles-ci ne sont pas du tout distribuées au hasard : elles augmentent de manière brusque puis diminuent de manière constante pendant un certain temps, puis remontent à nouveau. Le fait que les étendues qui correspondent à ces points soient normales confirme que ce sont toutes les unités de chacun des échantillons qui suivent ce cycle et non pas seulement quelques unités isolées. Il faut donc chercher une caractéristique du procédé qui explique ce caractère cyclique et cette tendance continue à la baisse. Par exemple, peut-être le procédé possède-t-il une tendance constante à la baisse, mais que l'employé qui s'en occupe augmente le réglage à intervalle régulier pour compenser cette baisse.

Cas #5 : Hors contrôle sporadique ou non par dépassement des limites de contrôle

Dans un premier temps, la moyenne de l'échantillon n°10 dépasse la limite inférieure de contrôle. À ce moment, le procédé était hors contrôle. Cependant, l'étendue de l'échantillon est également plus élevée que la normale. Si l'on observe chacune des cinq mesures de cet échantillon, on trouvera probablement qu'une seule bouteille contenait beaucoup moins de détergent, ce qui a fait à la fois baisser $\overline{X}$ et augmenter R. Lorsqu'on rencontre ce genre de situation, la pratique habituelle est de prélever immédiatement un autre échantillon ou de raccourcir l'intervalle entre les prochains échantillons pour confirmer si le procédé est encore hors contrôle. Si, comme la carte l'indique, les échantillons subséquents sont normaux, on qualifie l'échantillon anormal de *hors contrôle sporadique*. Le procédé était alors hors contrôle mais la cause semble avoir déjà disparu, si bien qu'il est inutile de la chercher. Par opposition, la moyenne hors limite de l'échantillon n°25 est suivie de trois échantillons sur cinq qui ont aussi des moyennes hors limite ou très près des limites. À ce moment, le procédé est définitivement hors contrôle et l'on va en chercher la cause.

Rappelons que lorsqu'on dit d'un procédé qu'il est « sous contrôle », il s'agit toujours de contrôle *statistique*. Dans le même sens, dire d'un procédé qu'il est « hors contrôle », c'est simplement constater que les variations qu'on observe ne peuvent pas être attribuées à sa variabilité naturelle, qu'elles n'obéissent plus aux lois du hasard. Un procédé hors contrôle n'indique pas qu'on soit au bord de la catastrophe, ni même qu'il génère des unités défectueuses[60]. Pour évaluer le degré d'urgence de la situation, il faut connaître la marge de manœuvre dont on dispose pour respecter les tolérances, et donc revenir au concept de capacité opérationnelle.

[60] On pourrait même trouver des situations de hors contrôle favorables. Par exemple, un procédé dont la carte des étendues montrerait des valeurs constamment plus basses que la moyenne est hors contrôle, mais dans ce cas-ci, on voudra identifier la cause de cette réduction de la variabilité pour la reproduire, pas pour l'éliminer!

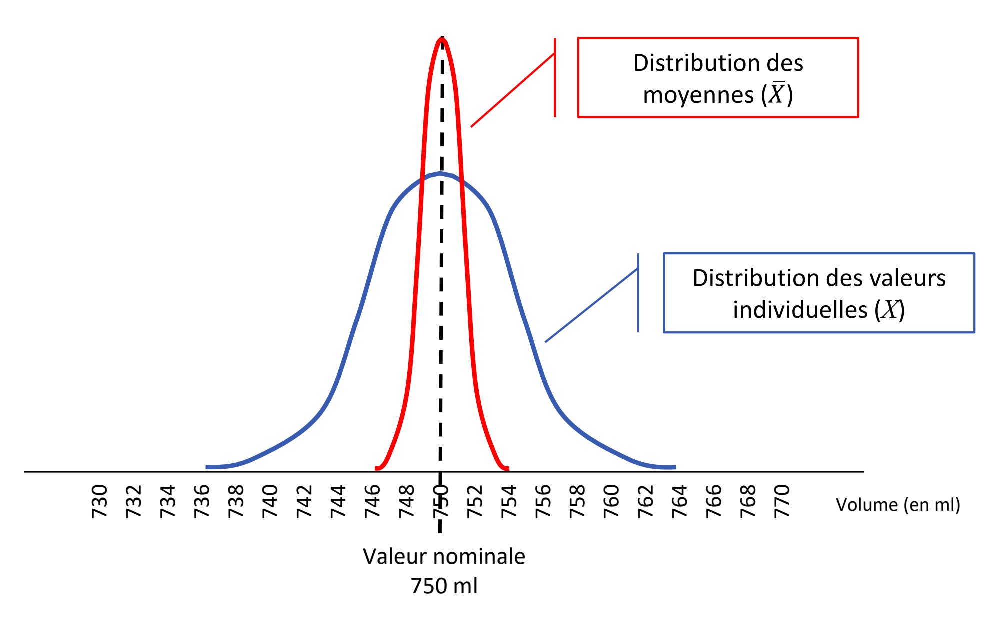
Limites de contrôle et tolérances

Puisque l'objectif ultime est d'obtenir des produits conformes aux spécifications établies, on pourrait être tenté d'utiliser comme limites de contrôle les tolérances supérieures et inférieures fixées par le client, par la réglementation ou par l'entreprise. Ce serait une grave erreur, et ce, pour trois raisons :

1) Les cartes de contrôle ne sont pas construites à partir des mesures individuelles (X) mais à partir des moyennes de chacun des échantillons prélevés ($\bar{X}$). Cependant, ce que le client désire, ce n'est pas que le volume moyen d'un échantillon de cinq bouteilles respecte les tolérances, mais que chacune des cinq bouteilles ne contienne pas moins de 735 ml. C'est d'ailleurs pourquoi la capacité du procédé à respecter les tolérances (le calcul de *Cp*) est évaluée à partir des valeurs individuelles (la distribution des X);

2) Les valeurs de X et de $\bar{X}$ ont des distributions très différentes, comme l'illustre la figure 10.8. En effet, quand on calcule la moyenne de chaque échantillon, on réduit la variabilité : au lieu d'avoir les volumes de détergent contenus dans cinq bouteilles, qui peuvent être assez variables, on n'a qu'une seule valeur, la moyenne des cinq mesures. Par exemple, si l'on considère les données de la carte présentée à la figure 10.7, on verra que les moyennes calculées ($\bar{X}$) vont de 746,6 ml à 753,8, alors que les valeurs individuelles s'étendent de 739 ml à 763 ml. Si les points placés sur la carte sont des valeurs de $\bar{X}$, les limites de contrôle doivent correspondre à la distribution des $\bar{X}$, et non à celle des X (et encore moins aux tolérances, qui représentent ce qu'on voudrait que le procédé soit capable de faire, et non ce qu'il fait réellement);

Figure 10.8 Comparaison de la distribution des valeurs individuelles et de la distribution des moyennes des échantillons



3) Les cartes de contrôle et l'étude de capacité opérationnelle sont habituellement utilisées en combinaison, mais elles ont des objectifs très différents. D'un côté, les cartes visent à savoir si le procédé se comporte normalement ou s'il présente des irrégularités dont il faut chercher la cause. De l'autre côté, l'étude de capacité opérationnelle consiste à vérifier si le procédé est capable de respecter les tolérances visées, compte tenu de sa variabilité naturelle. Ainsi, un procédé peut parfaitement être sous contrôle sans être capable de respecter les tolérances (s'il a un *Cp* plus petit que 1) et, à l'opposé, être hors contrôle tout en continuant de respecter les tolérances. Tel que discuté précédemment, si le procédé a une capacité opérationnelle élevée (par exemple supérieure à 2,0), il faudra qu'il dévie assez fortement avant de produire un nombre substantiel d'unités défectueuses. Cela ne veut pas dire qu'on peut laisser ce procédé être hors contrôle, mais qu'il n'est pas nécessaire d'agir de façon urgente ou d'interrompre la production pour rechercher les causes du problème. On peut très bien chercher la cause du hors contrôle et la régler tout en continuant la production. Par contre, si le procédé a une capacité opérationnelle faible (entre 1 et 1,33), les actions à entreprendre en cas de hors contrôle sont plus pressantes. Si la caractéristique mesurée est cruciale pour la performance du produit, il est probable qu'on cesse la production tant qu'on n'a pas trouvé et éliminé la cause du hors contrôle. Ce qu'il faut faire en cas de détection d'un procédé hors contrôle est habituellement indiqué dans les politiques de l'organisation en matière de gestion de la qualité.

Cela étant dit, et dans la mesure où le procédé est déclaré sous contrôle, il est possible d'utiliser les données récoltées de manière à construire les cartes pour calculer l'indice de capacité opérationnelle *Cp*. Cela peut se faire en compilant toutes les valeurs individuelles dont sont constitués chacun des échantillons pour calculer s_d. Cependant, si les valeurs de R et $\overline{R}$ ont déjà été calculées, il est possible de les utiliser pour estimer l'écart-type de la population (σ) plutôt que de calculer s_d. Pour ce faire, on utilise la formule :

$$\sigma = \overline{R} \div d_2$$

Ici, d_2 est un coefficient fourni à l'annexe 2, et varie selon la taille de l'échantillon n.

$$Cp = \frac{\text{Limite de tolérance supérieure } (LTS) - \text{Limite de tolérance inférieure } (LTI)}{6\,(\overline{R} \div d_2)}$$

Si l'on applique cette formule à l'exemple de la remplisseuse, on trouve :

$$Cp = \frac{765 - 735}{6\,(10{,}97 \div 2{,}326)}$$

$$Cp = 1{,}06$$

Par comparaison, si l'on calcule *Cp* à partir de l'écart-type (s_d) des 150 valeurs individuelles recueillies pour préparer la carte de contrôle, on trouve *Cp* = 1,11, ce qui est très similaire. Le procédé de remplissage actuel est capable de respecter les tolérances, mais tout juste. S'il devient hors contrôle, on risque de produire beaucoup d'unités non conformes aux spécifications.

10.7 Synthèse du chapitre

La gestion de la qualité est une activité essentielle dans toutes les organisations. Même lorsque les clients semblent accorder davantage d'importance au prix des biens et services achetés, ils tiennent pour acquis que les produits seront aptes à l'usage auquel ils sont destinés et auront des attentes en matière de qualité. Or, la qualité n'est jamais acquise. Les multiples étapes du cycle de la qualité, la division du travail et la complexité des processus et des procédés ont pour conséquence qu'on ne peut simplement se fier à la bonne volonté de chacun pour obtenir un produit de qualité : il faut mettre en place un solide système de gestion de la qualité et s'assurer régulièrement que la qualité n'est pas négligée au profit des autres attributs stratégiques.

L'analyse des coûts de la qualité montre que les activités préventives sont, à long terme, bien moins coûteuses que le contrôle et la correction des erreurs ou que, pis encore, les conséquences des défaillances externes. Ainsi, bien que le contrôle des produits soit souvent nécessaire, on a tout avantage à contrôler les procédés eux-mêmes. Dans la mesure où l'on sait que le procédé a la capacité opérationnelle voulue pour respecter les tolérances, la vérification que le procédé est toujours sous contrôle permet de réduire ou même d'éliminer le besoin d'un contrôle par échantillonnage à la fin de la production.

Le contrôle statistique des procédés (CSP) a aussi l'avantage de permettre à l'employé qui est responsable du procédé de gérer lui-même la qualité de la production. D'une part, les cartes de contrôle fournissent une base objective pour évaluer si une variation est normale ou anormale, et donc s'il faut agir ou pas. D'autre part, la détection d'un hors contrôle permet d'agir rapidement, souvent avant même que des produits hors tolérances soient fabriqués. Même s'il faut reprendre une certaine partie de la production, au moins on n'aura pas à corriger le lot en entier. Mais pour que les cartes de contrôle soient efficaces, il faut que les employés sachent les utiliser et les interpréter correctement. Surtout, ils doivent être autorisés à rechercher les causes des pertes de contrôle et à agir à la source pour les éliminer (la nature des actions à entreprendre ayant, bien sûr, été définie au préalable avec la direction). Malheureusement, lorsqu'elles sont confrontées à des problèmes de qualité, certaines organisations ont tendance à rechercher des coupables plutôt que des solutions.

Notons que les cartes de contrôle du procédé peuvent être utilisées tant dans les entreprises de services que dans les entreprises industrielles. On pourrait s'en servir, par exemple, pour suivre le nombre de bris de service ou le nombre de plaintes reçues. En effet, dans toute grande entreprise de services, on peut s'attendre à avoir un certain nombre de bris de service (erreurs de préparation des commandes chez un distributeur, bris de marchandises dans un entrepôt, erreurs de facturation, panne de service chez un fournisseur d'électricité, etc.). Si l'on compile ces données sur une carte de contrôle, on trouvera une variation naturelle à partir de laquelle on peut détecter d'éventuelles variations anormales (hausse anormale du nombre de plaintes, erreurs plus élevées à certains moments de la semaine, etc.). Ainsi, en plus de chercher à réduire le nombre de bris de service (en améliorant les procédés), on peut identifier rapidement les anomalies. En fait, en tant que test de normalité statistique réalisé sur une base continue, les cartes de contrôle peuvent être utilisées dans toute situation où il serait utile de déterminer si les variations observées sont normales ou pas. Par exemple, on pourrait les utiliser pour suivre les fluctuations du temps moyen de service, les variations des ventes hebdomadaires, etc. On éviterait ainsi de perdre du temps à rechercher des causes là où il n'y a, bien souvent, que la variabilité naturelle de la caractéristique mesurée.

Questions de révision

Vrai ou faux?

1.	L'aptitude à l'usage comporte deux volets : la qualité de conception et la qualité de conformité.	
2.	Un problème de qualité de conformité découle nécessairement d'une erreur survenue à l'étape de réalisation du produit.	
3.	Puisqu'on peut calculer les différents coûts relatifs à la qualité, on doit viser à atteindre le niveau de qualité qui correspond à l'optimum du coût total.	
4.	Les coûts liés à la réalisation d'une étude de la capacité opérationnelle (calcul de *Cp*) devraient être inclus dans les coûts de prévention.	
5.	On entend par *système qualité* l'ensemble des politiques et des pratiques déployées pour gérer la qualité, documenter les activités, vérifier que les procédures sont respectées et faire le suivi des résultats.	
6.	La certification ISO 9001 est octroyée par l'Organisation internationale de standardisation et indique que les produits fabriqués satisfont les besoins du client.	
7.	L'assurance de la qualité consiste à vérifier que les différentes pratiques de gestion de la qualité prévues sont bel et bien exécutées correctement.	
8.	Le contrôle de la qualité consiste en l'inspection des produits finis fabriqués par l'entreprise.	
9.	Lors du contrôle par échantillonnage, le risque du client est associé au fait de tirer un échantillon qui, par hasard, comporte beaucoup plus d'unités défectueuses que le lot dont il est tiré.	
10.	Pour les caractéristiques de qualité mesurables, les spécifications sont habituellement données sous la forme d'une valeur nominale, d'une tolérance supérieure et d'une tolérance inférieure.	
11.	L'indice de capacité opérationnelle permet de savoir si le procédé est sous contrôle ou hors contrôle.	

12.	Plus l'indice de capacité opérationnelle est faible, plus le procédé est en mesure de respecter les tolérances.	
13.	Lors du calcul de l'indice de capacité opérationnelle (*Cp*), on peut estimer l'écart-type de la population (σ) soit en calculant l'écart-type (s_d) d'un grand échantillon d'unités individuelles, soit à l'aide des étendues de chacun des échantillons recueillis pour réaliser la carte de contrôle, en considérant que $\sigma = \bar{R} \div d_2$.	
14.	La connaissance de la variabilité naturelle d'un procédé en regard d'une caractéristique de qualité permet d'évaluer le taux d'unités défectueuses qui seront fabriquées.	
15.	Un procédé est dit « sous contrôle » s'il ne produit aucune unité hors tolérances.	
16.	En cas de doute, il vaut mieux réajuster le procédé dès que l'on constate des variations que de risquer qu'il produise des unités défectueuses.	
17.	Les limites supérieures et inférieures d'une carte de contrôle sont calculées à partir des tolérances ciblées.	
18.	Il ne suffit pas que tous les points soient à l'intérieur des limites de contrôle pour que le procédé soit déclaré sous contrôle.	
19.	Pour juger qu'il y a une tendance, il faut que sept points de suite, considérés dans leur ensemble, montrent une augmentation ou une diminution progressive.	
20.	Puisqu'il s'agit de contrôler les procédés, les cartes de contrôle ne sont utilisables que dans les entreprises industrielles.	

Question de discussion

Tant le contrôle de la qualité par échantillonnage que la préparation des cartes de contrôle requièrent d'inspecter un certain nombre de produits et de mesurer une caractéristique de qualité. En quoi ces deux méthodes sont-elles différentes?

Cas

« Bonne fête des Mères, maman! »

En ce beau dimanche de mai, Philippe avait invité sa petite famille au restaurant pour célébrer la fête des Mères. Autour d'une table d'un restaurant de Laval bien connu pour son ambiance romantique étaient donc réunis Philippe, sa conjointe Isabelle, leurs deux enfants Alexis (six ans) et Raphaëlle (huit ans), ainsi que les parents de Philippe, M. et Mme Dupré.

La salle à manger était bondée : le soir de la fête des Mères, les restaurants affichent presque tous complet, et Philippe avait dû réserver une table trois semaines à l'avance. Bien sûr, la clientèle se composait essentiellement de familles. L'ambiance était très animée, d'autant plus que la direction du restaurant avait engagé pour l'occasion un pianiste et une chanteuse, et qu'un clown se promenait dans la salle pour amuser les enfants. Ces derniers, surtout les plus jeunes, avaient bien du mal à rester assis; plusieurs gambadaient joyeusement entre les tables. Il faut dire que le service était un peu ralenti car en cuisine, on parvenait à peine à suffire à la demande. Heureusement, la plupart des serveurs et serveuses avaient l'habitude de ce genre de situation.

À la table de Philippe, on s'amusait beaucoup en attendant le service du plat principal. Les enfants étaient allés voir le clown et M. Dupré, qui en était à son troisième verre de vin, profitait de leur absence pour raconter quelques blagues un peu grivoises. Enfin, le jeune serveur attitré à leur table arriva les mains chargées de plats. Juste au moment où il s'apprêtait à servir à Isabelle l'escalope Parmigiana qu'elle avait commandée, les enfants revinrent en courant reprendre leur place à table. Ce qui devait arriver arriva : Alexis bouscula le serveur, qui essaya tant bien que mal de garder son équilibre mais ne put s'empêcher de renverser un peu de sauce tomate sur la belle robe neuve d'Isabelle. Tout s'enchaîna alors très vite : Philippe attrapa Alexis par le bras et se mit à le disputer; le petit garçon se mit à pleurer bruyamment; sa grand-mère essaya de le consoler; Isabelle s'en prit à sa belle-mère en lui rappelant qu'elle était censée surveiller les enfants; Philippe prit la défense de sa mère contre Isabelle. Aux tables voisines, les conversations s'étaient arrêtées et tout le monde assistait à la scène. Même la chanteuse semblait en perdre la voix. Pendant ce temps, le pauvre serveur essayait de nettoyer les dégâts et espérait que l'incident passerait inaperçu puisqu'il avait été embauché comme surnuméraire mais aurait bien voulu obtenir un poste à temps plein. En entendant la dispute, M. Claudel, le maître d'hôtel, se dirigea immédiatement vers la table de Philippe en se demandant intérieurement comment il ferait pour ramener l'harmonie dans le restaurant.



Problèmes résolus

1. Calmolive

Nelson Corvalan est responsable des opérations de conditionnement du détergent à vaisselle chez Calmolive. Tel qu'indiqué à la section 10.5, le procédé de remplissage des bouteilles de détergent fait l'objet d'un contrôle statistique, et le fonctionnement normal du procédé a été établi à la figure 10.7. En ce 13 mai, il considère les données ci-dessous, recueillies dans les dernières heures :

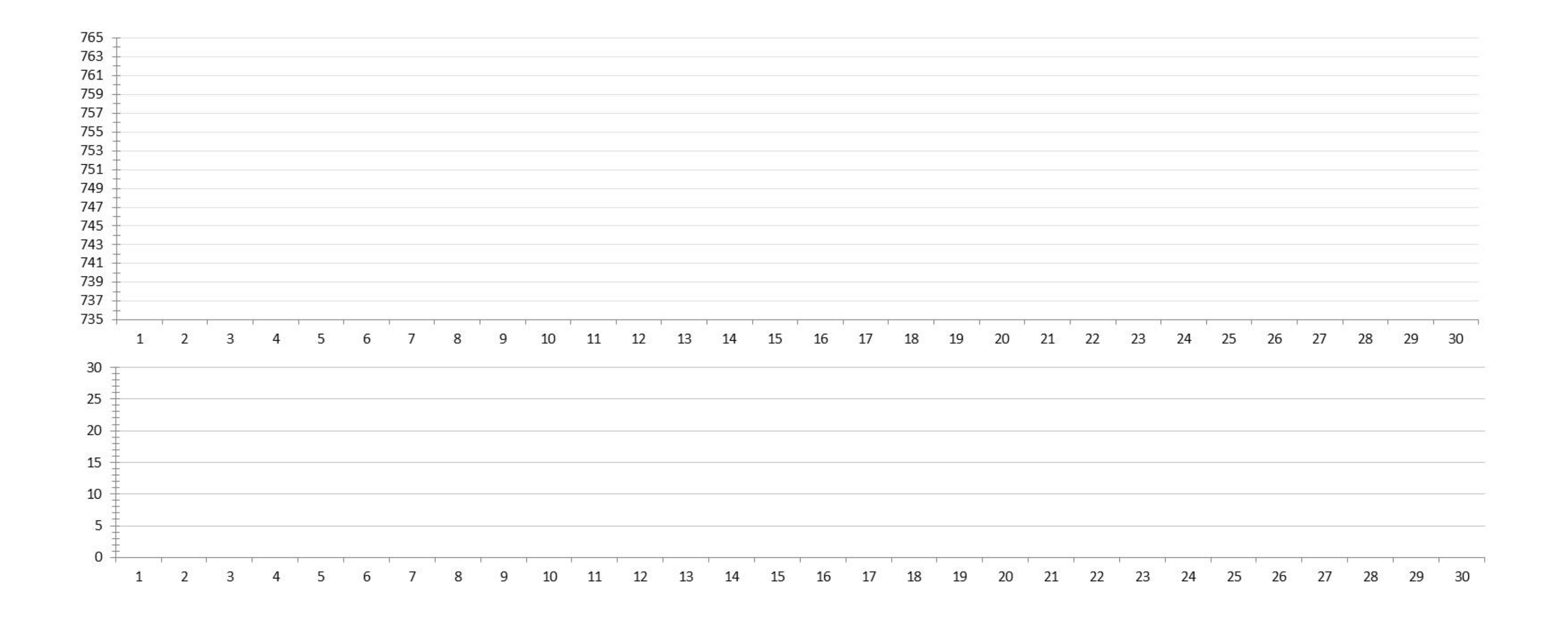
	Échantillons prélevés															
jour	12-mai															
heure	07:30	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00
mesures	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	755	746	741	753	752	751	754	751	750	749	748	755	756	750	751	755
2	751	752	752	756	749	750	746	748	752	752	746	766	755	746	745	758
3	748	751	753	761	758	753	751	750	753	750	742	744	756	751	752	751
4	747	749	748	749	746	762	750	760	750	750	752	750	755	747	744	752
5	750	751	739	750	750	746	742	749	751	753	750	755	750	745	737	746
Moyenne ($\bar{X}$)	**750,2**	**749,8**	**746,6**	**753,8**	**751**	**752,4**	**748,6**	**751,6**	**751,2**							
Étendue (R)	**8**	**6**	**14**	**12**	**12**	**16**	**12**	**12**	**3**							

	Échantillons prélevés													
jour	13-mai													
heure	07:30	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00				
mesures	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26				
1	743	755	748	748	755	746	743	758	758	751				
2	750	760	743	740	757	748	744	755	750	752				
3	741	751	750	744	764	751	749	747	751	763				
4	755	751	751	749	746	750	745	755	756	750				
5	740	755	739	757	750	737	741	751	750	753				
Moyenne ($\bar{X}$)														
Étendue (R)														

1.1 Calculez les moyennes et les étendues de chacun des échantillons.

1.2 Placez les axes et limites de contrôle sur les deux cartes et reportez-y les valeurs du 12 et du 13 mai.

1.3 Selon vous, le procédé de remplissage est-il présentement sous contrôle? Analysez complètement les cartes et justifiez votre réponse.



2. Haut les bulles inc.

Haut les bulles inc. est une entreprise d’extraction, de gazéification et de mise en bouteille d’eau de source. Après la filtration et la mise en bouteilles, on effectue des tests pour vérifier la teneur en différents composés chimiques qui peuvent être présents dans l’eau. L’un des produits vérifié est le benzène, dont la mesure se fait par dosage spectrométrique. Il s’agit d’une mesure particulièrement importante parce que la teneur en benzène est strictement réglementée et ne doit pas dépasser 0,005 mg/l, ou cinq parties par milliard (*ppb*, ou *part per billion*). D’ailleurs, une entreprise bien connue d’eau en bouteille a frôlé la faillite il y a quelques années lorsqu’il a fallu rappeler des milliers de bouteilles d’eau où la quantité de benzène dépassait la norme.

Pour être en mesure de détecter toute anomalie, Haut les bulles inc. mesure la teneur en benzène d’échantillons de cinq bouteilles prélevés trois fois par jour et reporte les mesures sur une carte de contrôle moyennes-étendues. Récemment, un réajustement complet de l’appareil de filtration a incité la directrice des opérations à demander qu’on recalcule les limites de contrôle. Voici les données recueillies :

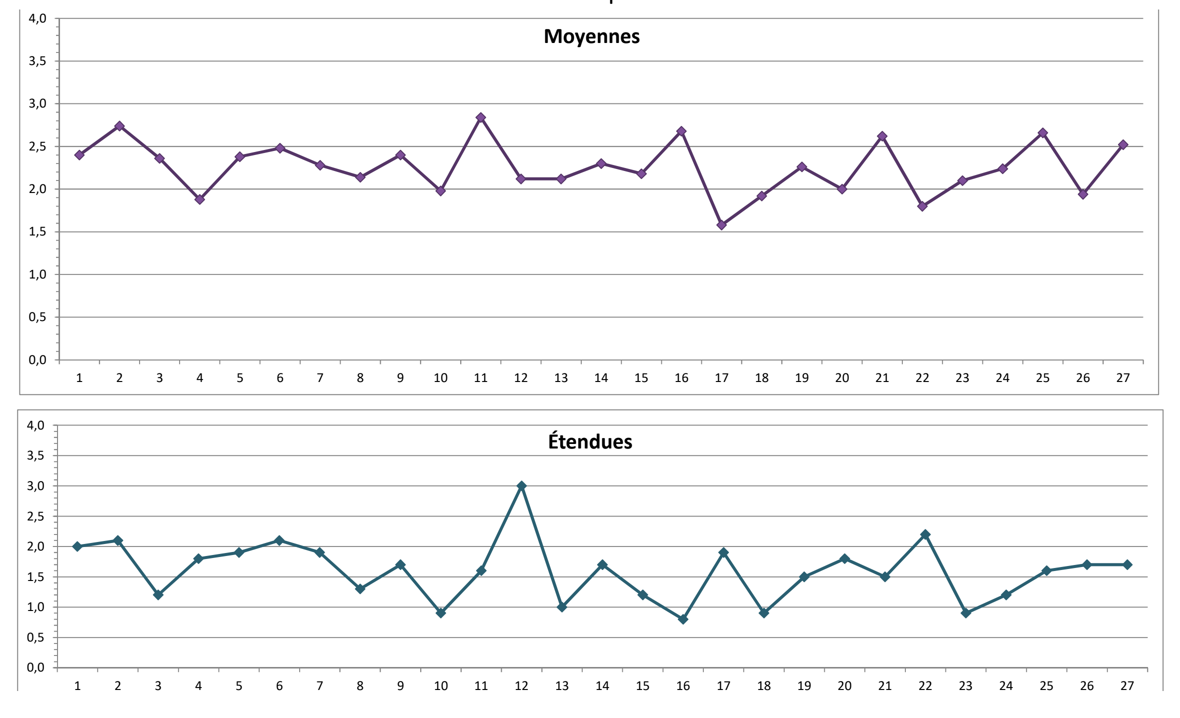
Haut les bulles inc.	Caractéristique : teneur en benzène post-embouteillage	Spécifications : MAX 5 ppb (0,005 mg/l)
	Test : dosage spectrophotométrique, mesures en ppb Appareil calibré le : 18 mars	Machine : embouteilleuse L Opérateur : Jean-François Déry

Échantillons prélevés

date	06-May			07-May			08-May			09-May			10-May	
heure	10:00	13:00	16:00	10:00	13:00	16:00	10:00	13:00	16:00	10:00	13:00	16:00	10:00	13:00
mesures	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	3,5	2,6	2,7	2,3	2,3	1,4	3,2	2,5	3,1	1,9	2,7	3,4	2,3	3,3
2	2,6	3,5	2,5	1,7	1,5	3,5	2,6	2,6	2,3	2,3	3	2,4	2,6	1,6
3	1,8	2,8	1,5	2,2	1,9	2,6	2,7	2,7	2,5	2,5	3,7	0,4	1,6	1,8
4	1,5	1,4	2,6	2,5	2,8	2,4	1,3	1,5	2,7	1,6	2,1	1,8	1,6	2,5
5	2,6	3,4	2,5	0,7	3,4	2,5	1,6	1,4	1,4	1,6	2,7	2,6	2,5	2,3
Moyenne ($\bar{X}$)	**2,4**	**2,7**	**2,36**	**1,9**	**2,4**	**2,48**	**2,3**	**2,1**	**2,4**	**2,0**	**2,8**	**2,1**	**2,1**	**2,3**
Étendue (R)	**2,0**	**2,1**	**1,2**	**1,8**	**1,9**	**2,1**	**1,9**	**1,3**	**1,7**	**0,9**	**1,6**	**3,0**	**1,0**	**1,7**

date	10-May	13-May			14-May			15-May			16-May					
heure	16:00	10:00	13:00	16:00	10:00	13:00	16:00	10:00	13:00	16:00	10:00	13:00	16:00			
mesures	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27			
1	2,6	3,2	2,6	1,8	3,2	2,2	3	1,3	2,6	2,3	3,2	1,9	2,4			
2	1,5	3	1,7	2,4	2,5	2,3	1,8	0,5	2,4	2,8	2,6	1,9	3,4			
3	1,7	2,4	1,6	1,6	2,2	2,9	3,3	2,7	1,7	1,8	1,6	2,4	2,7			
4	2,7	2,4	1,3	1,5	1,7	1,5	2,4	2,1	1,7	1,6	3,2	2,6	2,4			
5	2,4	2,4	0,7	2,3	1,7	1,1	2,6	2,4	2,1	2,7	2,7	0,9	1,7			
Moyenne ($\bar{X}$)	**2,2**	**2,7**	**1,6**	**1,9**	**2,3**	**2,0**	**2,6**	**1,8**	**2,1**	**2,2**	**2,7**	**1,9**	**2,5**			
Étendue (R)	**1,2**	**0,8**	**1,9**	**0,9**	**1,5**	**1,8**	**1,5**	**2,2**	**0,9**	**1,2**	**1,6**	**1,7**	**1,7**			

On a reporté les valeurs des moyennes et des étendues sur les graphiques ci-dessous. Selon vous, les variations observées sont-elles normales ou non? Justifiez votre réponse.



3. Sirop Teufteuf

Sirop Teufteuf fabrique du sirop contre la toux. Plusieurs paramètres de qualité doivent être mesurés, dont le volume contenu dans les bouteilles. Pour les bouteilles de 80 ml, les tolérances sont de ± 5 ml. Vous avez recueilli récemment les données ci-dessous :

#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Mesures	77	85	81	78	85	78	81	83	83	79	80	80	81	79	76	78	77	80	77	80
	80	75	84	80	82	78	77	84	77	80	78	78	75	83	76	80	82	81	75	79
	82	75	83	76	80	82	78	75	79	79	79	80	78	78	84	77	80	79	82	75
	77	85	81	78	85	78	81	83	83	80	81	79	81	80	76	78	77	78	77	80
Moyenne ($\bar{X}$)	79,0	80,0	82,3	78,0	83,0	79,0	79,3	81,3	80,5	79,5	79,5	79,3	78,8	80,0	78,0	78,3	79,0	79,5	77,8	78,5
Étendue ($\bar{R}$)	5	10	3	4	5	4	4	9	6	1	3	2	6	5	8	3	5	3	7	5

3.1 Le procédé est-il présentement en mesure de respecter les tolérances? Démontrez.

3.2 Si l'on utilisait ces données pour déterminer les paramètres d'une carte de contrôle moyennes-étendues, quels seraient les axes centraux et les limites supérieures et inférieures de contrôle?

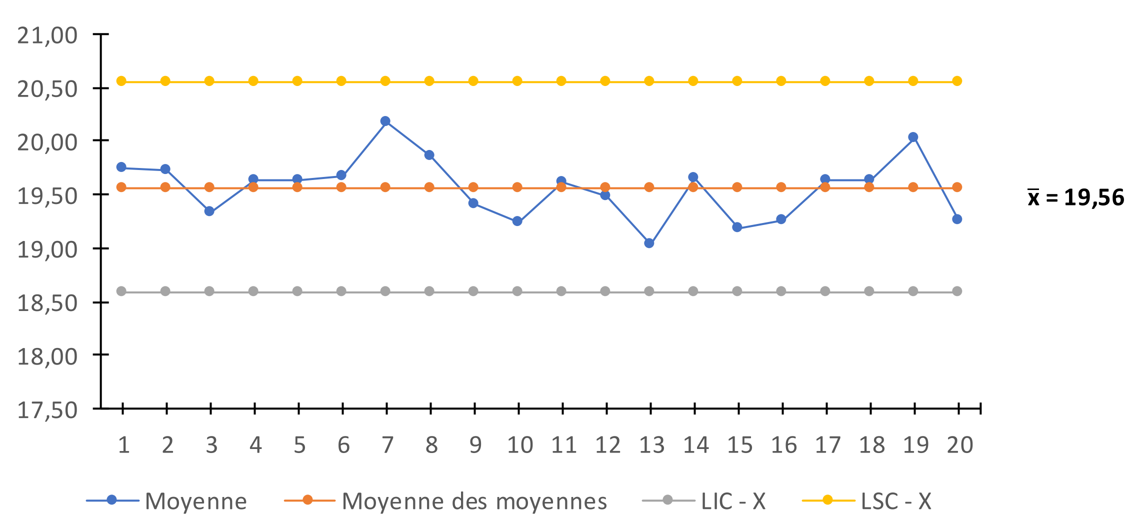
4. L'entreprise Craquelins +

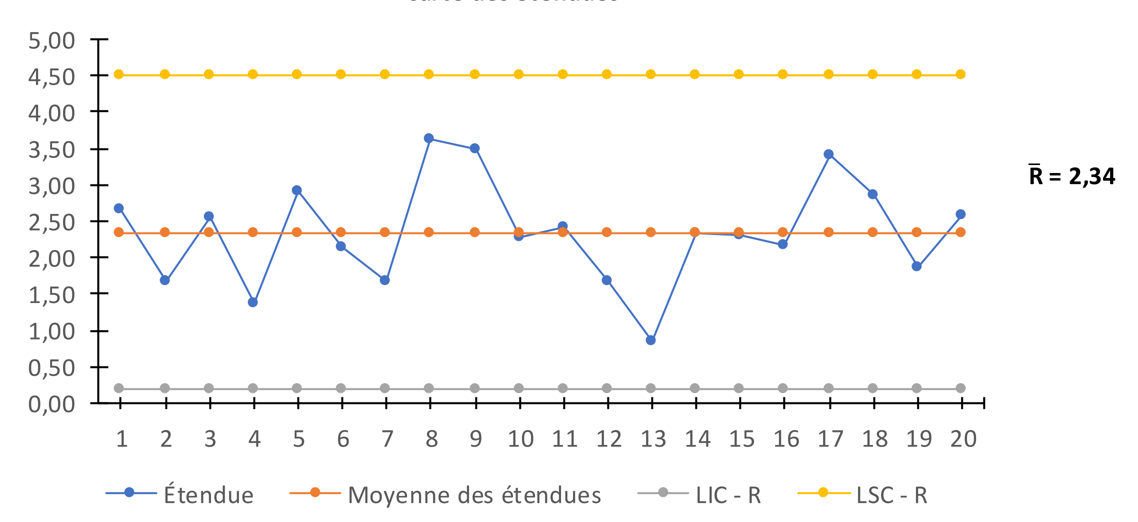
Craquelin + est une entreprise de fabrication de craquelins au fromage. Julien Lavoie, le directeur de la qualité, s'apprête à acquérir un nouvel équipement qui ajoute le fromage dans les craquelins. Afin d'accélérer sa prise de décision, le propriétaire de l'entreprise d'équipements industriels propose à monsieur Lavoie de lui prêter une machine pour une demi-journée afin qu'il puisse effectuer des tests de qualité. Monsieur Lavoie accepte l'offre de son fournisseur et celui-ci vient donc lui installer la machine en ce beau lundi matin. Le tableau suivant présente les données recueillies, en grammes de fromage contenus dans les craquelins. Les graphiques représentent les cartes moyenne-étendue tracées par le responsable de la qualité. Note : Bien que, statistiquement, plus d'échantillons soient nécessaires pour conclure qu'un procédé est sous contrôle, nous n'en présentons que 20 pour simplifier les calculs.

Observations du lundi : grammes de fromage par craquelin

Heure	Obs. 1	Obs. 2	Obs. 3	Obs. 4	Obs. 5	Obs. 6	Obs. 7
8 h 00	18,5	20,0	19,1	20,4	19,4	21,2	19,7
8 h 30	20,2	20,2	19,6	20,2	18,5	19,6	19,8
9 h 00	18,7	20,9	18,3	19,4	20,0	19,0	19,0
9 h 30	19,7	19,6	20,2	19,2	19,3	20,4	19,1
10 h 00	19,9	19,7	21,0	20,3	19,5	18,0	19,0
10 h 30	20,2	20,6	19,8	18,4	19,7	19,6	19,5
11 h 00	20,6	19,4	19,5	19,4	20,7	20,7	21,0
11 h 30	17,5	19,1	19,2	20,7	21,1	20,3	21,1
12 h 00	17,1	19,3	19,8	19,8	19,3	20,0	20,6
12 h 30	20,1	20,3	20,0	18,2	18,0	18,3	19,7
13 h 00	19,4	18,6	20,0	21,0	19,1	20,1	19,2
13 h 30	19,5	18,5	20,0	19,3	19,1	20,2	19,6
14 h 00	18,6	18,6	19,4	18,9	19,2	19,4	19,1

Heure	Obs. 1	Obs. 2	Obs. 3	Obs. 4	Obs. 5	Obs. 6	Obs. 7
14 h 30	19,9	20,2	18,3	18,8	19,9	19,9	20,6
15 h 00	19,6	18,8	19,7	20,6	18,3	18,4	18,9
15 h 30	18,9	18,5	18,4	19,7	20,4	20,5	18,5
16 h 00	19,3	19,6	21,3	19,7	17,9	20,1	19,4
16 h 30	19,2	18,7	19,3	19,9	21,5	20,1	18,7
17 h 00	20,7	19,3	20,4	19,8	19,7	21,1	19,2
17 h 30	18,5	20,6	19,4	20,1	18,0	19,2	19,1





4.1 À l'aide des informations précédentes, calculez les limites inférieures et supérieures de contrôle pour la carte des moyennes et pour la carte des étendues. Tracez ensuite les limites de contrôle sur les deux cartes fournies ci-dessus.

4.2 Le procédé était-il sous-contrôle lors de la prise des données? Analysez tous les éléments requis.

4.3 Suite à la lecture des résultats de ces échantillons, M. Lavoie décide de conserver le nouvel appareil et d'utiliser les données comme base pour les contrôles futurs. Selon son analyse des deux cartes de contrôle, il estime qu'on peut conclure que les échantillons démontrent que le procédé a la capacité opérationnelle nécessaire pour répondre aux tolérances de fabrication fixées par l'entreprise. Ces spécifications sont que les craquelins doivent contenir 20 grammes de fromage, avec une tolérance de plus ou moins 2 grammes.

Que pensez-vous des affirmations de M. Lavoie?

5. Electricom inc.

L'entreprise Electricom inc. fabrique une variété de composants électriques, dont plusieurs modèles de disjoncteurs. Le modèle # DWN 3612 est un disjoncteur de 15 ampères, dont les tolérances sont établies à plus ou moins un ampère.

L'entreprise a récemment fait l'achat d'un nouveau robot industriel fabriquant ces disjoncteurs. Avant d'acheter l'appareil, on a effectué un test de performance pour voir si l'appareil serait en mesure de respecter les tolérances. Pour ce faire, on a sélectionné au hasard 500 disjoncteurs et testé à quel ampérage se faisait le bris de courant. À partir de la moyenne et de l'écart-type de ces 500 disjoncteurs, on a trouvé que l'indice de capacité opérationnelle (Cp) était de 1,7, ce que l'entreprise a considéré comme suffisant. Maintenant que l'appareil est installé, on veut mettre en place le contrôle statistique du procédé en utilisant une carte moyenne-étendue.

Si on prélève un échantillon de sept disjoncteurs à toutes les demi-heures, quelle devrait être (environ) la valeur de l'axe central sur la carte des étendues?

Problèmes non résolus

1. Les Sucres Pacifique inc.

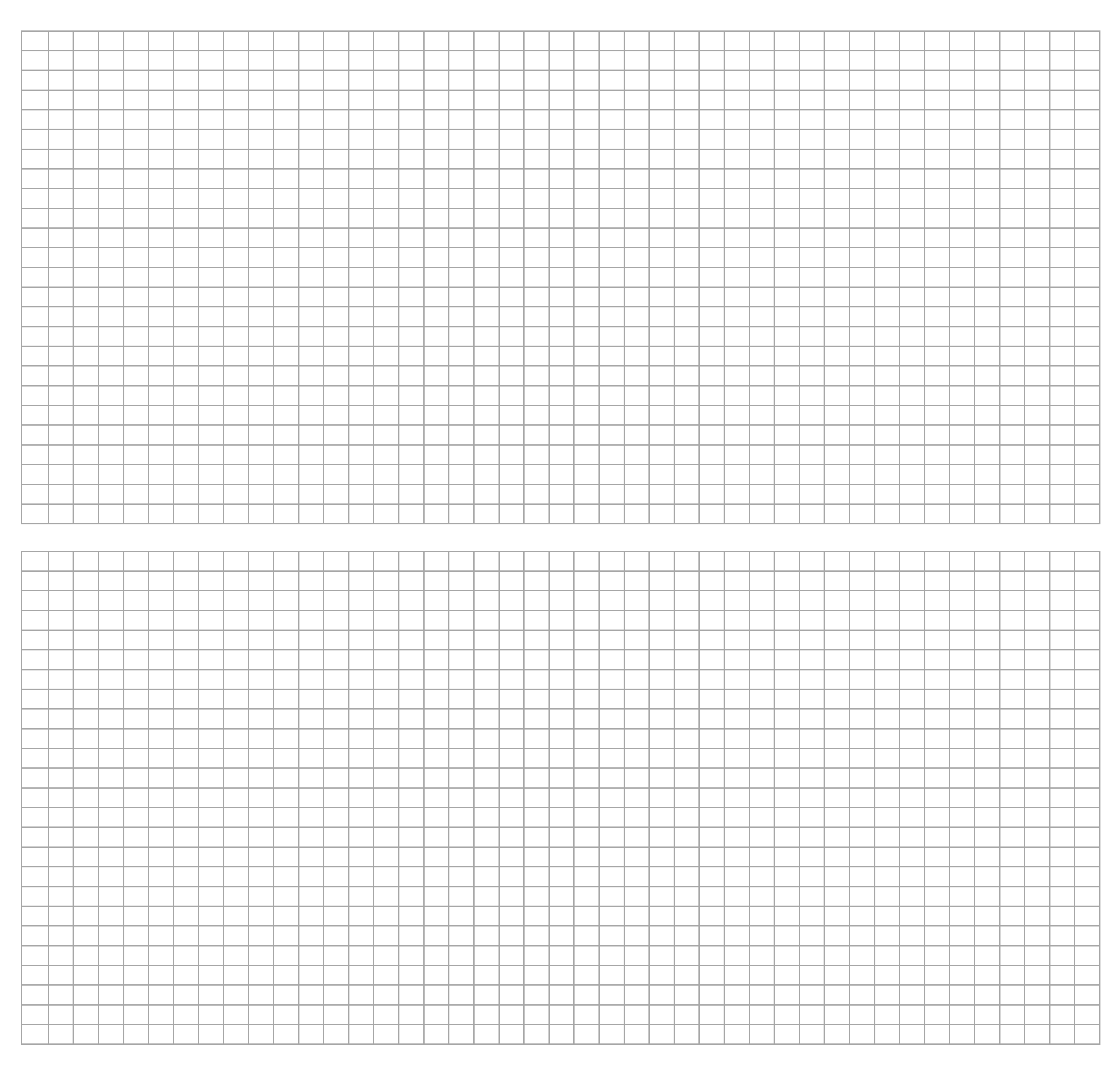
Les Sucres Pacifique inc. est une grande entreprise canadienne de raffinage de sucre. Ses clients les plus importants sont les entreprises de transformation alimentaire, qui achètent le sucre à raison de plusieurs tonnes par semaine (le sucre est alors livré par camion-citerne), mais Les Sucres Pacifique fait également l'ensachage du sucre vendu aux clients commerciaux moins importants (par exemple les petites boulangeries et pâtisseries) et aux consommateurs. Evelyne Bastien est responsable de l'appareil qui réalise l'ensachage des sacs de 2 kg, le format le plus populaire pour la vente au détail. La réglementation gouvernementale prévoit que pour des sacs de 2 kg, la quantité minimale (tolérance) est de 1,987 kg. Toutefois, Sucres Pacifique tient à protéger sa bonne réputation sur le marché et a établi que tous les sacs doivent contenir au minimum la quantité affichée. La réglementation ne spécifie pas de poids maximum, mais l'entreprise a fixé la tolérance supérieure à 5 % d'excédent par rapport au poids indiqué sur l'emballage.

Le procédé d'ensachage est contrôlé au moyen de cartes moyennes-étendues et les limites des cartes sont recalculées après toute réparation majeure ou au maximum à tous les trois mois. Pour ce faire, on compile les données obtenues en prélevant et en pesant trente échantillons de six sacs, à raison d'un échantillon à toutes les demi-heures de production. Evelyne a récemment procédé à la remise à jour des limites des cartes de contrôle et les données qu'elle a recueillies pour ce faire sont fournies au tableau 1.

Tableau 1 **Données servant aux calculs des limites de contrôle**

	Heure	Poids moyen	Poids du sac le plus léger des six	Poids du sac le plus lourd des six
1	08:00	2,048	2,020	2,100
2	08:30	2,038	2,015	2,055
3	09:00	2,034	2,000	2,060
4	09:30	2,038	2,010	2,080
5	10:00	2,038	2,015	2,060
6	10:30	2,028	2,000	2,070
7	11:00	2,028	2,005	2,050
8	11:30	2,036	2,015	2,060
9	12:00	2,022	1,950	2,040
10	12:30	2,041	2,020	2,070
11	13:30	2,033	2,000	2,060
12	14:00	2,040	2,000	2,060
13	14:30	2,035	2,010	2,080
14	15:00	2,040	2,005	2,060
15	15:30	2,048	2,030	2,070
16	08:00	2,040	2,010	2,070
17	08:30	2,031	2,020	2,050
18	09:00	2,042	2,000	2,070
19	09:30	2,028	2,010	2,050
20	10:00	2,056	2,035	2,080
21	10:30	2,031	2,010	2,060
22	11:00	2,028	2,010	2,040
23	11:30	2,017	1,960	2,050
24	12:00	2,047	2,030	2,085
25	12:30	2,037	2,010	2,080
26	13:30	2,038	2,020	2,090
27	14:00	2,042	2,030	2,060
28	14:30	2,038	2,020	2,070
29	15:00	2,037	2,010	2,080
30	15:30	2,032	2,015	2,065

1.1 Calculez les limites des cartes moyennes-étendues et tracez les deux cartes.



1.2 Selon vous, Evelyne peut-elle utiliser ces données comme base pour le contrôle du procédé d'ensachage? Justifiez bien votre réponse en passant en revue tous les critères que les données doivent respecter.

1.3 On a finalement décidé (à tort ou à raison!) d'utiliser les données du tableau 1 pour contrôler le procédé d'ensachage. Le tableau 2 montre les données qui ont été recueillies le 12 octobre, soit quelques jours après le calcul des limites des cartes. Selon vous, le procédé d'ensachage était-il sous contrôle au moment où l'on a recueilli ces données?

Tableau 2 **Données du 12 octobre**

Heure	Sac #1	Sac #2	Sac #3	Sac #4	Sac #5	Sac #6
08:00	2,025	2,040	2,020	2,070	2,030	2,030
08:30	2,020	2,065	2,015	2,010	2,005	2,025
09:00	2,015	2,010	2,050	2,030	2,020	2,025
09:30	2,040	2,000	2,050	2,015	2,015	2,010
10:00	2,035	2,020	2,015	2,020	2,020	2,010
10:30	2,060	2,005	2,010	2,020	2,010	2,000
11:00	2,010	2,005	2,010	2,020	2,050	2,010
11:30	2,070	2,005	2,010	2,010	2,005	2,020
12:00	2,010	2,005	2,010	2,000	2,060	2,010
12:30	2,010	2,005	2,010	2,000	2,010	2,040

1.4 Lorsqu'il est sous contrôle, le processus d'ensachage de Les Sucres Pacifique est-il en mesure de respecter les tolérances fixées par l'entreprise? Justifiez.

2. Le découpage des rondelles

Une entreprise doit procéder au découpage de rondelles de métal. La caractéristique qui nous intéresse est le diamètre des rondelles. On a pris un échantillon de cinq rondelles à toutes les demi-heures pendant deux jours, et les résultats de la mesure du diamètre (en millimètres) sont indiqués au tableau ci-après.

ÉCHANTILLONS PRÉLEVÉS

Jour	11-nov							
Heure	07 h 30	08 h 00	08 h 30	09 h 00	09 h 30	10 h 00	10 h 30	11 h 00
Mesure	1	2	3	4	5	6	7	8
# 1	29,90	29,98	30,10	29,91	30,31	30,08	30,06	30,17
# 2	30,11	29,96	29,93	30,01	29,89	29,96	29,87	30,01
# 3	29,90	30,09	30,09	29,98	29,99	29,94	29,88	29,94
# 4	30,08	29,99	29,94	29,88	30,07	30,14	29,96	30,08
# 5	29,77	30,23	30,08	30,02	30,11	30,13	29,92	29,88

Jour	11-nov (suite)							
Heure	11 h 30	12 h 00	12 h 30	13 h 00	13 h 30	14 h 00	14 h 30	15 h 00
Mesure	9	10	11	12	13	14	15	16
# 1	29,95	30,02	30,01	29,87	29,89	30,07	29,98	29,91
# 2	29,99	29,84	29,96	29,93	30,01	29,99	30,15	29,97
# 3	30,08	30,09	29,89	30,00	30,05	29,90	29,91	30,11
# 4	29,95	30,09	30,21	29,93	30,02	29,95	30,13	30,12
# 5	30,08	29,98	30,01	30,05	30,00	30,07	30,03	30,07

ÉCHANTILLONS PRÉLEVÉS

Jour	12-nov							
Heure	07 h 30	08 h 00	08 h 30	09 h 00	09 h 30	10 h 00	10 h 30	11 h 00
Mesure	17	18	19	20	21	22	23	24
# 1	30,00	30,00	29,91	29,94	30,00	29,94	30,01	30,10
# 2	29,70	29,70	30,04	30,07	30,02	30,07	30,08	29,83
# 3	29,86	29,86	29,85	30,06	29,99	30,06	30,08	30,03
# 4	30,08	30,08	30,02	30,08	29,91	30,08	29,94	29,95
# 5	29,82	29,82	30,06	30,22	29,96	30,22	29,97	29,95

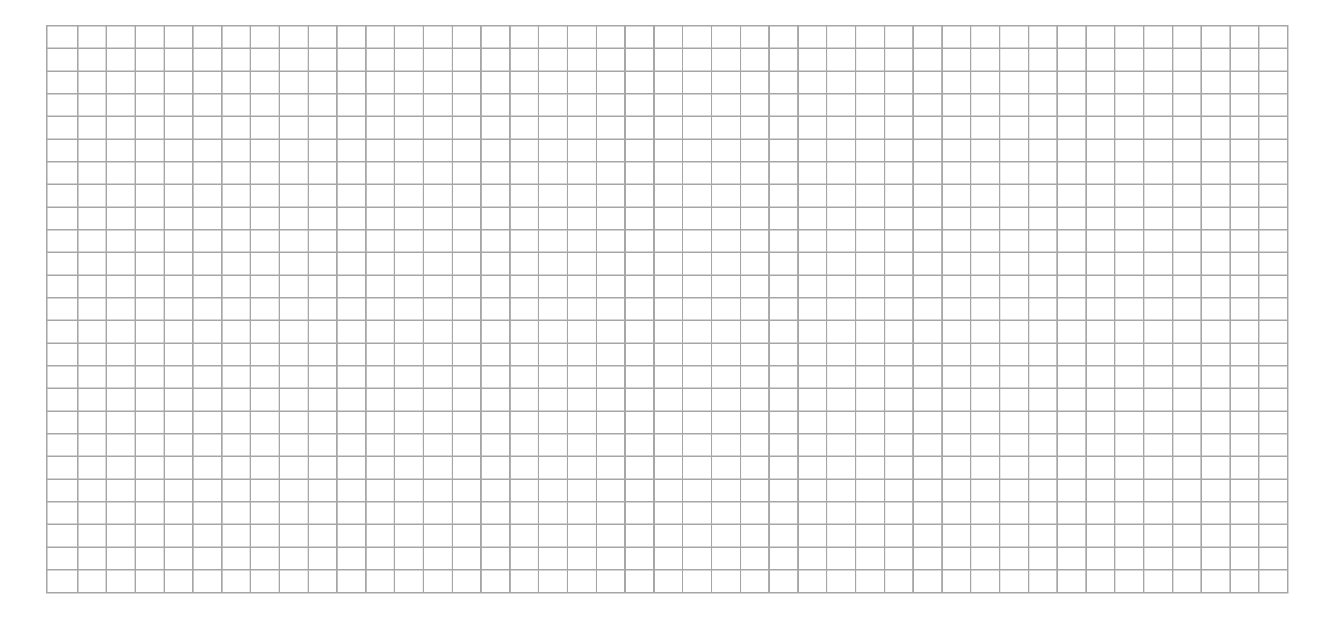
Jour	12-nov (suite)							
Heure	11 h 30	12 h 00	12 h 30	13 h 00	13 h 30	14 h 00	14 h 30	15 h 00
Mesure	25	26	27	28	29	30		
# 1	29,87	30,07	30,07	29,93	29,91	29,88		
# 2	29,97	29,89	29,95	29,96	29,89	29,99		
# 3	29,89	30,23	30,01	29,89	29,82	30,08		
# 4	30,05	29,96	29,94	30,16	29,98	29,99		
# 5	30,20	30,05	30,12	29,84	30,09	30,19		

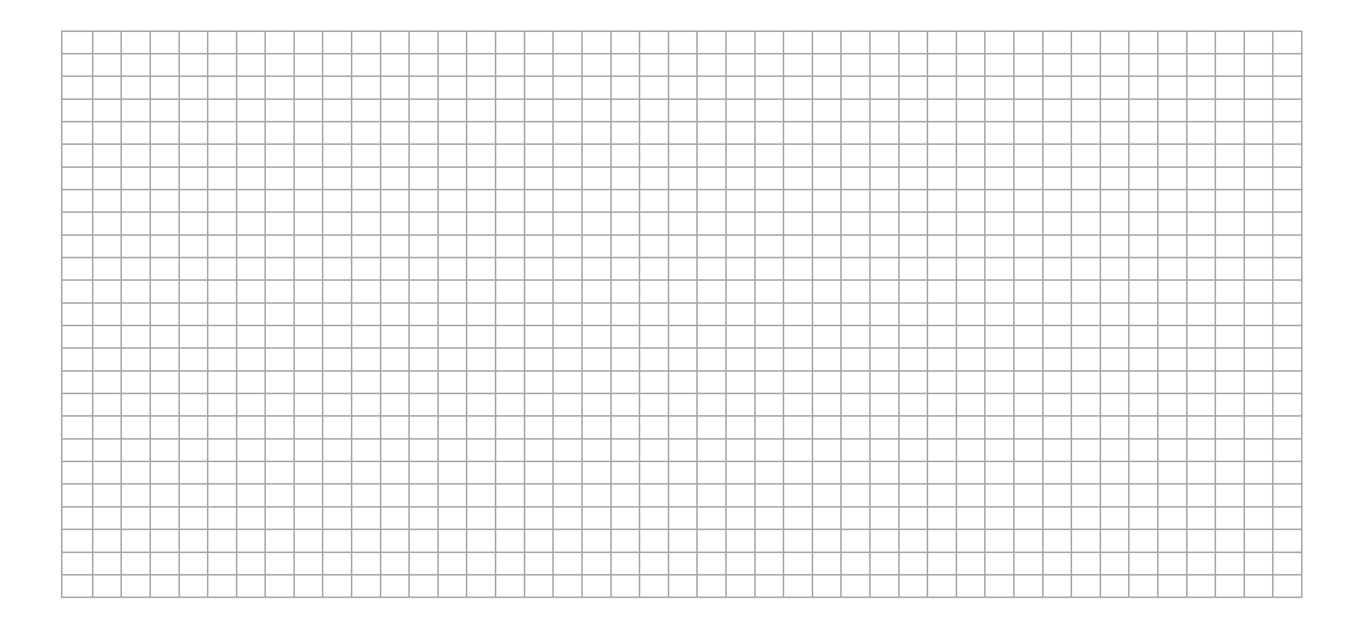
2.1 Calculez les moyennes et les étendues de chaque échantillon.

2.2 Reportez les valeurs des moyennes et des étendues sur les deux cartes.

2.3 Déterminez l'axe central et les limites supérieures et inférieures de contrôle, tant pour la carte des moyennes que la carte des étendues. Tracez-les sur les cartes.

2.4 Le procédé vous semble-t-il présentement sous contrôle? Justifiez.







Solutions aux problèmes



Chapitre 1. Introduction à la gestion des opérations et de la logistique

Questions de révision

1. Faux (le terme *produit* désigne aussi bien les services que les biens)
2. Vrai
3. Vrai
4. Vrai
5. Faux (c'est l'inverse)
6. Faux (selon les industries, les autres éléments de l'environnement PESTEL peuvent jouer un rôle plus important)
7. Faux (tel que nous l'avons vu dans le chapitre, la stratégie émerge aussi du cumul des prises de décisions)
8. Vrai
9. Vrai
10. Vrai
11. Faux (ils achètent la transformation elle-même puisque ce sont eux qui fournissent les intrants)
12. Faux (ils incluent les objets physiques situés à l'avant-scène du service, ceux qui sont prêtés ou loués aux clients, ainsi que les biens consommés par le client)
13. Faux (c'est l'inverse)
14. Vrai
15. Vrai

Problème résolu

1. McDonald's du Canada

1.1 Dans un dessin, d'amont en aval :

- Agriculteurs (animaux de boucherie, blé, tomates, laitues, cornichons…)
- Producteur de farine à partir du blé
- Abattoirs pour les animaux
- Usines de fabrication (galettes de viande hachée, pain, condiments)
- Centres de distribution McDonald's
- Restaurant McDonald's
- Consommateurs

1.2

- S'assurer de respecter les règles de salubrité et en cas de problème, être en mesure d'en retracer la source.
- S'assurer d'atteindre les normes de qualité des matières premières demandées par l'entreprise.
- Réduire l'ensemble des coûts liés à l'achat des matières et à la logistique (livraison, entreposage, pertes liées au surstockage, etc.)
- Réduire l'ensemble des coûts liés à la distribution et à l'entreposage dans les restaurants.



1.3 Intrant : Client qui a faim et/ou qui veut manger avec ses amis

Transformation : Nourrir le client et lui fournir un lieu de consommation

Extrant : Client satisfait et rassasié

1.4 Selon le texte, les cibles prioritaires semblent être la qualité du produit (on réfère à la courte liste d'ingrédients et au contrôle de la qualité) et le volume (le grand nombre de restaurants et de clients). On réfère aussi dans une moindre mesure à la flexibilité (d'un côté, le hamburger « préparé comme vous l'aimez », mais d'un autre côté, « le même bon goût, le même service… »). On réfère aussi au rapport qualité/prix. On ne mentionne ni les délais ni la variété. Ces deux éléments étaient très importants lors de la création de l'entreprise (on misait sur un petit nombre de produits faits à l'avance pour offrir un service très rapide), mais avec le temps, l'entreprise a augmenté son offre de produits, ce qui l'a obligée d'abord à fabriquer sur commande (ce qui a augmenté les délais), et maintenant à assembler sur commande pour réduire les délais à un niveau raisonnable.

1.5 L'impossibilité de stocker le service rend la planification des opérations plus complexe. Il faut être très flexible pour pouvoir adapter la capacité aux changements rapides de la demande, et ce tout en contrôlant les coûts. McDonald's s'ajuste par l'utilisation d'horaire de travail et d'employés flexibles (temps partiel, étudiants) et aussi par des efforts pour augmenter la demande en périodes creuses pour niveler la demande (petit déjeuner, cafés et collations l'après-midi, etc.)

1.6 L'implication du client dans le processus de service complexifie le calcul de la capacité de production. Certains clients sont très efficaces et savent ce qu'ils veulent, alors que d'autres sont plus lents et prennent du temps à choisir et à payer. Il est donc plus difficile de savoir combien de clients à l'heure seront servis et combien d'employés seront nécessaires. McDonald's tente de répondre à ce problème en standardisant l'offre et les protocoles d'interaction avec le client.

1.7
- Au fil du temps, McDonald's a implanté toutes sortes de technologies pour faciliter la préparation et le portionnement des aliments, et réduire les pertes et la consommation d'électricité.
- On a aussi perfectionné les technologies de communication pour commander les produits. Par exemple, on a instauré des tableaux interactifs permettant au client de passer directement sa commande sans passer par un serveur.
- L'entreprise a aussi profité de nouveaux systèmes d'information pour faciliter le contrôle des opérations.
- L'entreprise s'adapte aussi aux nouvelles technologies de paiement.

1.8
- Sélection et évaluation des fournisseurs
- Achats
- Contrôle de la qualité des intrants
- Gestion des stocks des biens achetés (quantités à conserver en stock, rotation des stocks pour éviter la péremption…)
- Gestion des entrepôts
- Gestion du transport des centres de distribution aux succursales



Chapitre 2. La prévision de la demande

Questions de révision

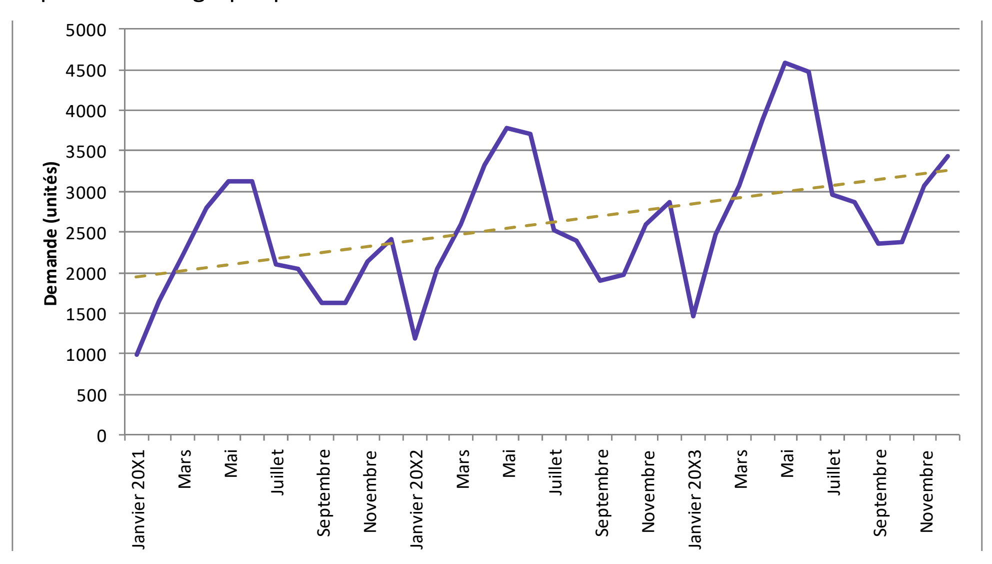
1. Faux (c'est l'inverse)
2. Vrai
3. Faux (elle a tendance à diminuer)
4. Faux (il demeure toujours un degré d'incertitude)
5. Vrai
6. Vrai
7. Faux (c'est l'inverse)
8. Faux (elle ne requiert que les données de la dernière période)
9. Vrai
10. Faux (on peut arriver à des conclusions différentes)
11. Faux (c'est l'inverse)
12. Vrai
13. Vrai
14. Vrai
15. Faux (certains des indices seront eux-mêmes supérieurs à 100 %, donc le total ne peut pas être de 100 %)



Problèmes résolus

1. Les vélos Lucky Mountain (A)

1.1 Représentation graphique :



On voit nettement une tendance à la hausse d'une année à l'autre (ligne de tendance hachurée sur le graphique), de même qu'une saisonnalité qui se répète à chaque année (la demande augmente de janvier à mai, puis diminue jusqu'en septembre, et reprend un peu en octobre et novembre).

1.2 Mme Bryans et M. Gartner devraient utiliser une méthode quantitative pour effectuer les prévisions, et ils peuvent facilement le faire. Il s'agit en effet de produits éprouvés, puisque Lucky Mountain travaille depuis 20 ans dans la fabrication des vélos. Les données historiques sont donc disponibles. Le graphique précédent montre des cycles qui se répètent assez fidèlement d'une année à l'autre et sur laquelle on peut donc s'appuyer pour prévoir la demande de chaque mois. La tendance haussière est aussi très claire. Toutefois, puisqu'on a à la fois une tendance et des cycles, il faudrait avoir recours à une méthode quantitative plus sophistiquée que celles qui ont été vues dans ce chapitre. Il ne semble pas nécessaire d'utiliser une méthode qualitative plus coûteuse, mais il serait bon de suivre de près l'impact de l'arrivée du concurrent taïwanais. On indique par ailleurs dans l'énoncé que Mme Bryans et M. Gartner cherchent à prévoir la demande de façon fiable et exacte. Or, les méthodes qualitatives sont en général peu précises. Les méthodes quantitatives permettent par contre d'obtenir davantage d'exactitude.

1.3

Mois	20X1	20X2	20X3	Moyenne	Indice de saisonnalité
Janvier	994	1 191	1 465	1 216,7	46,7 %
Février	1 654	2 056	2 468	2 059,3	79,0 %
Mars	2 210	2 595	3 076	2 627,0	100,8 %
Avril	2 801	3 320	3 887	3 336,0	128,0 %
Mai	3 130	3 785	4 577	3 830,7	147,0 %
Juin	3 119	3 710	4 480	3 769,7	144,6 %
Juillet	2 101	2 521	2 965	2 529,0	97,0 %
Août	2 045	2 396	2 868	2 436,3	94,5 %
Septembre	1 630	1 902	2 366	1 966,0	75,4 %
Octobre	1 621	1 979	2 371	1 990,3	76,4 %
Novembre	2 139	2 604	3 074	2 605,7	100,0 %
Décembre	2 421	2 868	3 442	2 910,3	111,7 %
Moyenne des 36 mois		2 606,4			

soit 1 216,7 / 2 606,4





2. Les vélos Lucky Mountain (B)

2.1 Calcul des prévisions en utilisant les différentes méthodes proposées :

Mois (Année 20X3)	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Jeux d'étriers vendus	650	674	702	695	740	705	664	685	630	680	635	670
Moyenne mobile $k = 3$				675	690	712	713	703	685	660	665	648
Moyenne mobile $k = 3$, pondéré 60 % - 30 % - 10 %				688	695	723	715	684	681	650	666	648
Lissage exponentiel $\alpha = 0{,}1$	650	650	652	657	661	669	673	672	673	669	670	666
Lissage exponentiel $\alpha = 0{,}3$	650	650	657	671	678	697	699	689	687	670	673	662

2.2

Mois (Année 20X3)	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moyennes
EAM, moyenne mobile $k = 3$	49	18	55	20	30	22	32
EQM, moyenne mobile $k = 3$	2 401	324	3 025	400	900	484	1 256
EAM, moyenne mobile $k = 3$, pondéré 60 % - 30 % - 10 %	51	1	51	30	31	22	31
EQM, moyenne mobile $k = 3$, pondéré 60 % - 30 % - 10 %	2 601	1	2 601	900	961	484	1 258
EAM, lissage exponentiel $\alpha = 0{,}1$	9	13	43	11	35	4	19
EQM, lissage exponentiel $\alpha = 0{,}1$	81	169	1 849	121	1 225	16	577
EAM, lissage exponentiel $\alpha = 0{,}3$	35	4	57	10	38	8	25
EQM, lissage exponentiel $\alpha = 0{,}3$	1 225	16	3 249	100	1 444	64	1 016

2.3 Le lissage exponentiel avec un facteur de lissage de 0,1 puisqu'il donne l'écart absolu moyen et l'écart quadratique moyen les plus faibles.



3. Bio Culture

3.1 Puisqu'on souhaite établir rapidement des prévisions de demande et qu'on dispose de l'historique des ventes de la première année, on devrait privilégier les méthodes quantitatives. Comme les données de la première année montrent une croissance exponentielle, la méthode de prévision la plus appropriée serait probablement l'analyse de tendance. Par contre, comme il s'agit d'un produit en démarrage, l'effet du cycle de vie du produit est important. On devrait donc suivre de près la progression des ventes et la comparer avec celle des autres produits de l'entreprise au moment de leur lancement. Par ailleurs, il s'agit d'un produit dont les ventes locales devraient être saisonnières, mais puisque l'entreprise vend un peu partout dans le monde, il faudra éventuellement vérifier si les saisonnalités des différents marchés s'annulent ou pas.

3.2 La participation du gestionnaire des opérations à la planification à long terme est essentielle, en particulier dans une entreprise qui lance de nouveaux produits connaissant beaucoup de succès. En effet, si les ventes du *Bio Golf Green* continuent de croître rapidement, il faut absolument évaluer la capacité de l'entreprise à soutenir cette croissance compte tenu des autres produits qu'elle fabrique déjà. On devra, par exemple, poser les questions suivantes :

1. Le nouveau produit est-il fabriqué en utilisant le même équipement que les produits actuels? Si oui, cet équipement suffit-il à fabriquer les volumes demandés par le marché? S'il faut acheter de nouveaux appareils, on doit prévoir un délai de plusieurs mois pour trouver les fournisseurs, procéder à l'achat, installer l'équipement et faire les mises au point nécessaires. Par ailleurs, a-t-on l'espace suffisant dans l'usine? Sinon, doit-on prévoir un agrandissement qui, lui aussi, pourrait prendre plusieurs mois, voire plusieurs années?
2. Dispose-t-on des employés nécessaires pour fabriquer de grands volumes du nouveau produit? Doit-on considérer la possibilité d'ajouter des ressources, voire un quart de travail supplémentaire?
3. Quel sera l'impact du nouveau produit sur le plan global de production des prochaines années? S'il faut stocker le nouveau produit, dispose-t-on de l'espace nécessaire ou faut-il construire ou louer de nouveaux entrepôts?
4. Que fait-on si la capacité actuelle est insuffisante pour soutenir la croissance du nouveau produit? Doit-on envisager de sous-traiter la fabrication? Si oui, il faut du temps pour trouver un sous-traitant capable d'atteindre les hauts standards de qualité pour lesquels Bio Culture est reconnue.

Les réponses à ces questions ont des conséquences pour les autres fonctions de l'organisation. Si la capacité future est insuffisante, peut-être faudrait-il réduire les efforts de commercialisation plutôt que de susciter une demande à laquelle on ne pourra pas répondre. L'achat d'équipement ou l'ajout d'espace pose aussi la question du financement. Enfin, l'impact sur le nombre d'employés ou sur les horaires de travail doit être considéré par les gestionnaires du personnel. Le directeur des ventes a tort de croire qu'il suffit de générer des prévisions de vente pour que tout fonctionne bien.

3.3 **i)** on peut trouver la demande en utilisant la prévision par lissage de la période 3 :
$386{,}4 = 388 + 0{,}4\,(i - 388)$
$i = 384$

ii) en utilisant la même méthode, on trouve $ii = 392$

iii) $iii = 388{,}38 + 0{,}4\,(399 - 388{,}38) = 392{,}63$

iv) $iv = 394 - 392{,}63 = 1{,}37$

v) $v = (5 + 0{,}67 + 3{,}67 + 12 + 1{,}67 + 4{,}67 + 6{,}33 + 0{,}67 + 2{,}33) \div 9 = 4{,}11$

3.4 Pour savoir s'il y a un biais, il faut calculer l'erreur cumulée. Ici, le total des erreurs est de -0,99. Puisque cette valeur est très près de zéro, on peut en conclure que la méthode est très peu biaisée; on ne surestime que très légèrement la demande.



4. Dumot Plus

4.1 La demande pour les produits à demande indépendante vient de l'extérieur, du marché, des clients. On doit donc faire des prévisions. Dans le cas des produits à demande dépendante, les quantités dont on a besoin dépendent de la quantité des produits qu'on doit fabriquer. On n'a donc pas besoin de prévisions pour ces produits mais plutôt d'en calculer les quantités requises.

4.2 On observe une saisonnalité qui se répète à toutes les 12 ou 13 semaines (trois mois). Il ne semble pas y avoir de tendance claire, mais présence d'une composante aléatoire.

4.3.1 α = 0,9

4.3.2 Demande de mai : 212,03 = 0,9D + (0,1 × 203,26) où D = 213
Écart : 213 − 203,26 = 9,74
Écart quadratique : $(9,74)^2$ = 94,87

4.3.3 L'écart moyen est −0,32. Le modèle ne semble pas biaisé puisque l'écart moyen tend vers 0. On pourrait tout au plus parler d'un très léger biais négatif.

5. La microbrasserie

5.1 Facteur de lissage exponentiel α

763,3 = 773,3 + α × (740 − 773)
α = 0,30303

Demande de la semaine 4

785 = (D4 + 782 + 795) / 3
D4 = 778,1

Prévision de la semaine 4, avec k = 3

P4 = (743 + 789 + 724) / 3
P4 = 752

Prévision de la semaine 8, avec la moyenne pondérée

P8 = (45 % × 740) + (35 % × 795) + (20 % × 782)
P8 = 767,65

Écart de la semaine 7

E7 = 740 − 773,3
E7 = -33,3

5.2
- Facteur interne :
  - Promotion (ex : 2 pour 1)
  - Prix
  - Ajout d'une nouvelle bière



- Facteur externe :
  - Réglementation (ex : changement de l'âge légal)
  - Augmentation des taxes
  - Arrivée d'un concurrent
  - Récession, chômage
  - Goûts des consommateurs
  - Changement de saison (été/hiver)

6. La demande chez Hydro-Québec

Mois	Consommation totale (en millions de MWh)	Indice de saisonnalité	Prévisions mensuelles dans trois ans
Janvier	20 161	132,73 %	22 121
Février	18 953	124,78 %	20 796
Mars	17 741	116,80 %	19 466
Avril	15 330	100,92 %	16 821
Mai	12 941	85,20 %	14 199
Juin	12 058	79,38 %	13 230
Juillet	12 433	81,85 %	13 642
Août	12 728	83,79 %	13 966
Septembre	11 945	78,64 %	13 106
Octobre	13 350	87,89 %	14 648
Novembre	15 226	100,24 %	16 707
Décembre	19 410	127,78 %	21 297
Total	**182 276**		**200 000**
Moyenne	**15 189,67**		**16 666,67**

6.1 Il faut d'abord trouver la demande totale pour l'année, qui est de 182 276 millions de MWh, ainsi que la demande moyenne mensuelle, qui est de 15 189,67 millions de MWh. Ensuite, on divise la consommation par mois par la moyenne mensuelle pour trouver l'indice de saisonnalité. Par exemple, en janvier, 20 161 / 15 189,67 = 132,7 %.

6.2 On trouve la demande prévue pour chaque mois en multipliant la demande moyenne prévue (16 666,67 millions de MWh) par l'indice de saisonnalité du mois. Par exemple, en janvier, 16 666,67 × 132,73 % = 22 121 millions de MWh.



Chapitre 3. La gestion des stocks

Questions de révision

1. Faux (le terme *inventaire* désigne le dénombrement des stocks)
2. Vrai
3. Faux (les stocks tampons sont entre les étapes de fabrication; les stocks en transport sont appelés stocks de transit)
4. Vrai
5. Faux (c'est l'arbitrage commande-stock qui décide de la taille du lot)
6. Faux (c'est l'analyse ABC qui est une application de la loi de Pareto)
7. Faux (c'est l'inverse)
8. Vrai
9. Vrai
10. Faux (les distributeurs ne font pas de fabrication; leurs principaux stocks sont les produits finis à distribuer)

Problèmes résolus

1. La nouille qui rit

1.1 Identifions d'abord les variables :

DT = (1,15 × 150 000) ÷ 144 = 1 198 grosses
C_c = 45,00 $
C_e = 50 % × 18,32 $ = 9,16 $

Donc, la *QEC* est :

$$QEC = \sqrt{\frac{2 \times 1\,198 \times 45}{9{,}16}}$$ = 108,49 grosses (qu'on peut arrondir à 108)

Le coût total à la *QEC* est :

[45,00 $ × (1 198 ÷ 108)] + [9,16 $ × (108 ÷ 2)]

499,17 $ + 494,64 $ = 993,81 $

(Notons que le C_{te} et le C_{tc} sont presque identiques, preuve qu'on est bien à la *QEC*; l'écart vient de l'arrondissement de la *QEC*. Il n'est pas nécessaire non plus de faire intervenir le coût d'achat des produits puisqu'ici, il est constant quelle que soit la quantité commandée.)

Si l'on conservait la politique actuelle, le coût total serait de :

(45,00 $ × 52) + [9,16 $ × ((1 198 ÷ 52) ÷ 2)]

2 340 $ + 105,50 $ = 2 445,50 $

L'économie est donc de 2 445,50 – 993,81 = 1 451,69 $



1.2 Ici, le risque de disparition du besoin est à peu près nul, à moins que l'entreprise ferme ses portes, puisque les œufs sont un ingrédient important des produits fabriqués. Par contre, si Catherine achète la *QEC*, elle passera seulement 11 commandes d'œufs par année (soit 1 198 ÷ 108); autrement dit, elle passera une commande à toutes les 4,7 semaines. Comme les œufs sont un produit périssable, elle doit se demander si une certaine proportion des stocks risque d'arriver à la date de péremption avant d'être utilisée, ou si la perte de fraîcheur des œufs peut nuire à la qualité des nouilles fabriquées. De plus, même si le coût de stockage tient compte du besoin d'un entrepôt réfrigéré, Catherine doit se demander si l'entrepôt actuel est suffisamment grand pour y stocker 108 grosses d'œufs. Enfin, un achat en plus grande quantité entraîne des déboursés plus importants (1 979 $ par commande, plutôt que le déboursé actuel de 422 $). Le coût du capital est inclus dans le coût de stockage, mais Catherine doit aussi discuter avec le comptable de l'impact d'acheter les œufs en plus grande quantité sur les liquidités de l'entreprise. Attention : il n'est pas pertinent d'argumenter ici en parlant des coûts totaux de commande et de stockage puisqu'on est à la *QEC*, qui minimise le coût total.

2. L'entreprise Buro inc.

Identifions d'abord les variables :

DT = 280 000 boîtes
C_c = 5 × (22 $ + 14 $) = 180 $
C_e = 22 % × 2,40 $ = 0,528 $

Donc, la *QEC* est de :

$$QEC = \sqrt{\frac{2 \times 280\,000 \times 180}{0,528}} = 13\,817 \text{ boîtes}$$

Le coût total à la *QEC* est de :

[180 $ × (280 000 ÷ 13 817)] + [0,528 $ × (13 817 ÷ 2)]

3 647,68 $ + 3 647,69 $ = 7 295,37 $

(Notons que le C_{te} et le C_{tc} sont presque identiques, preuve qu'on est bien à la *QEC*; l'écart vient de l'arrondissement de la *QEC*.)

(Note : si l'on a arrondi le C_e à 0,53 $, la *QEC* est de 13 790 unités et le coût total est de 7 309,17 $.)

Si l'on conservait la politique actuelle (15 000 boîtes), le coût total serait de :

[180 $ × (280 000 ÷ 15 000)] + [0,528 $ × (15 000 ÷ 2)]

3 360 $ + 3 960 $ = 7 320 $

L'économie est donc de 24,63 $; elle est très faible puisque la politique actuelle est déjà très près de la *QEC*. Il ne vaut pas la peine de changer de politique de taille de lot pour une économie aussi faible.

Si l'on augmentait la taille des lots à 30 000 unités, comme le souhaite M. Éthier, le coût total annuel serait de [180 $ × (280 000 ÷ 30 000) + [0,528 $ × (30 000 ÷ 2)] = 9 600 $, soit 2 280 $ de plus que la politique actuelle et 2 304,63 $ de plus que la *QEC*.

M. Éthier a tort de vouloir augmenter la taille des lots, dans ce cas-ci : l'augmentation des frais de stockage entraînée par l'augmentation de la taille des lots dépasse les économies qu'on ferait sur les coûts de mise en route. Si l'on veut pouvoir diminuer la taille des lots pour réduire les stocks, comme le suggère Sylvain, il faudra d'abord réduire C_c, c'est-à-dire réduire le coût de mise en route. On peut y arriver en analysant les méthodes actuelles de mise en route et en les améliorant.



3. Le magasin Vaillant Sports

Steve doit d'abord commencer par évaluer le mieux possible le coût de commande (C_c) et le coût de stockage (C_e).

Le coût de commande doit inclure tous les coûts liés au fait de passer une commande :

Le traitement par le commis aux achats :	salaire total de l'année ÷ n[bre] de bons de commande traités [38 840 \$ + (106 × 30)] ÷ 8 000 = 5,25 \$
Les frais de réception :	15,20 \$ l'heure ÷ 4 réceptions à l'heure = 3,80 \$
Le paiement des comptes :	(70 % × 38 840 \$) ÷ 8 000 = 3,40 \$
Les frais bancaires :	0,60 \$
Les frais fixes de livraison :	15 \$

Le coût unitaire de commande est donc, au total, de 28,05 $

Le coût de stockage doit inclure tous les coûts liés à la détention des produits et à leur entreposage :

Les frais d'assurance :	1,5 % de la valeur des stocks
Les pertes et les vols :	6 % de la valeur des stocks
Le coût du capital :	8,5 % du montant investi dans les stocks

C'est ici qu'il semble manquer des informations à Steve : il faudrait aussi ajouter le coût de l'espace de stockage et, le cas échéant, les coûts liés à la surveillance et à la sécurité des stocks. Dans un petit commerce comme celui-ci, on peut raisonnablement faire l'hypothèse qu'il s'agit de frais fixes qui n'auront pas d'impact sur le calcul de la *QEC* (toutefois, l'espace de stockage disponible est probablement limité). Le coût unitaire de stockage représente donc, au total, 16 % de la valeur des articles en stock. Puisqu'une boîte de deux bâtons de hockey coûte 110 $, le coût pour stocker une boîte pendant un an est de 17,60 $.

Dans le cas des bâtons de hockey, on a passé l'année dernière quatre commandes de 108 boîtes de deux bâtons. On peut donc estimer la demande de l'année dernière à 432 boîtes. Si la demande augmente de 10 % cette année, elle devrait s'élever à 475 boîtes.

Steve est maintenant prêt à calculer la *QEC* :

$$QEC = \sqrt{\frac{2 \times 475 \times 28{,}05}{17{,}60}}$$ = 38,91 boîtes, qu'on peut arrondir à 39 boîtes.

Le coût total à la *QEC* est :

$$\begin{aligned} QEC &= [28{,}05\ \$ \times (475 \div 39)] + [17{,}60\ \$ \times (39 \div 2)] \\ &= 341{,}63\ \$ + 343{,}20\ \$ \\ &= 684{,}83\ \$ \end{aligned}$$

(Notons que le C_{te} et le C_{tc} sont presque identiques, preuve qu'on est bien à la *QEC*; l'écart vient de l'arrondissement de la *QEC*).

On ne sait pas si l'ancienne politique consistait à commander quatre fois par année ou à commander 108 boîtes à la fois. Si on considère qu'il s'agissait de commander 108 boîtes à la fois, et si on conservait cette politique, le coût total serait :

$$\begin{aligned} \text{Coût total} &= [28{,}05\ \$ \times (475 \div 108)] + [17{,}60\ \$ \times (108 \div 2)] \\ &= 123{,}37\ \$ + 950{,}40\ \$ \\ &= 1\ 073{,}77\ \$ \end{aligned}$$



L'économie est donc de 388,94 $. Cette économie peut sembler faible mais les bâtons de hockey ne sont qu'un seul des nombreux produits vendus par Vaillant Sports.

Une réduction de la taille des lots ne devrait pas poser de problème d'espace d'entreposage ou de flux financier, au contraire. De plus, acheter 39 boîtes à la fois, à 110 $ par boîte, se traduit par une commande valant 4 290 $; on est donc bien au-dessus du seuil minimum de commande de 500 $ exigé par le fournisseur. Par contre, le commis aux achats semble déjà débordé (il doit faire des heures supplémentaires) et il est probable qu'il accueillera assez mal l'idée de commander des bâtons de hockey 12 fois par année plutôt que quatre fois. Avant de suggérer à M. Donato de changer les choses, Steve devrait élargir son analyse des stocks à un plus grand nombre de produits : dans le cas des bâtons de hockey, la conclusion est qu'ils devraient être achetés en plus petites quantités, mais c'est peut-être l'inverse pour d'autres produits. Par ailleurs, s'il s'avère que la plupart des produits sont commandés en trop grandes quantités, on pourrait additionner les économies à réaliser pour chacun. Il est possible que la réduction du coût total lié aux politiques d'achat permette d'embaucher un deuxième commis aux achats, ce qui soulagerait le premier et éliminerait les heures supplémentaires.

4. Médinet inc.

4.1 Identifions d'abord les variables :

DT = 65 500 caisses
C_c = 310 $
C_e = 20 % × 70 $ = 14,00 $

Donc, la QEC est de :

$$QEC = \sqrt{\frac{2 \times 65\,500 \times 310}{14}} = 1\,703{,}14 \text{ caisses, arrondi à } 1\,703.$$

On fera donc 65 500 ÷ 1 703 = 38,46 commandes par année

4.2.1 Pour le réapprovisionnement à quantité fixe et à période variable, la formule du stock de sécurité est $Ss = Z \times (\sigma \times \sqrt{d})$. Selon les données du problème, le délai de réapprovisionnement est de quatre jours (soit 1 + 3), σ = 14 et l'on veut un niveau de service de 99 % (soit 100 % – 1 %), ce qui implique une valeur de Z = 2,33. On trouve ainsi :

$$Ss = 2{,}33 \times (14 \times \sqrt{4}) = 65{,}24 \text{ caisses,}$$

arrondi à 66 pour s'assurer d'atteindre le niveau de service visé.

4.2.2 Si la consommation est de 262 caisses par jour ouvrable, la période économique est :

$$I_{opt} = 1\,703 \div 262 = 6{,}5 \text{ jours, arrondi à 7 jours.}$$

Pour le réapprovisionnement à période fixe, la formule du stock de sécurité est $Ss = Z \times (\sigma \times \sqrt{i + d})$. On trouve ainsi :

$$Ss = 2{,}33 \times (14 \times \sqrt{7 + 4}) = 108{,}19 \text{ caisses,}$$

arrondi à 109 pour s'assurer d'atteindre le niveau de service visé.

4.2.3 Le réapprovisionnement à période variable permet de réduire les stocks de sécurité, et conséquemment les coûts. Par contre, comme il s'agit d'un produit qui doit être commandé très fréquemment (à tous les sept jours), il serait peut-être plus pratique d'utiliser ici un réapprovisionnement à période fixe et même, si c'est possible, d'établir avec le fournisseur une entente qui prévoirait une livraison automatique à tous les sept jours ouvrables. En fait, pour simplifier encore les choses, on pourrait planifier une livraison une fois par semaine, à jour fixe, le distributeur n'ayant qu'à appeler le fournisseur pour préciser la quantité à livrer en fonction des stocks restants. Si l'on fait ainsi une livraison par



semaine d'une quantité moyenne de 1 260 caisses (soit 65 500 ÷ 52 semaines), le coût total annuel (sans compter le coût de stockage du stock de sécurité) sera de 24 940 $ (soit [[1 260 ÷ 2] × 14 $] + [52 × 310 $]) alors qu'il serait de 23 844 $ à la *QEC*. Cette option plus pratique est donc, a priori, un peu plus coûteuse, et ce, sans compter le coût du stock de sécurité supplémentaire. (Note : dans une telle situation, il n'y a pas de « bonne » réponse, chaque option ayant des avantages et des inconvénients. L'important est d'identifier et d'analyser tous les éléments qui peuvent influencer le choix et de présenter un argument bien étayé, de manière à ce que le gestionnaire puisse prendre une décision éclairée.)

5. Mondial Pare-brise

5.1 Il faut calculer d'abord la demande annuelle

DT= 50 × 290 = 14 500 pare-brise par année

Ensuite il faut calculer le QEC

QEC = $\sqrt{\frac{2 \times 14\,500 \times 45}{30\,\% \times 500}}$ = 93,27 soit 93 pare-brise

Maintenant on peut calculer le nombre de commandes par année

Nombre de commandes = $\frac{DT}{QEC}$ = 14 500 / 93 = 155, 91 soit 156 commandes par année.

Il n'y a pas de stock de sécurité à conserver puisqu'il n'y a pas de variation (écart-type) de la demande.

5.2.1 Dans un modèle de réapprovisionnement à intervalle variable et quantité fixe :

Écart type de la demande= 6

Délai=2 jours

Z = 1,7

SS = 1,7 × $\sqrt{2}$ × 6 = 14,4 c'est-à-dire un stock de sécurité de 15 pare-brise.

5.2.2 Dans un modèle de réapprovisionnement à intervalle fixe (en supposant qu'on passe les commandes à tous les deux jours) et quantité variable :

Écart type de la demande = 6

Délai =2 jours

Z = 1,7

I = 2 jours

SS = 1,7 × $\sqrt{2 + 2}$ × 6 = 20,4 c'est-à-dire un stock de sécurité de 21 pare-brise.



5.3 Il faut choisir le modèle a intervalle variable et quantité fixe parce que :

- Le stock de sécurité requis est plus petit
- C'est un intrant avec un prix d'achat par unité très élevé (donc sûrement dans la catégorie A si on applique la méthode ABC)
- C'est intrant indispensable pour le bon fonctionnement du réseau (demande un suivi rigoureux)
- C'est un intrant qui est facile à contrôler
- L'intervalle considéré pour le modèle à intervalle fixe est assez petit (2 jours), il faut de toute façon faire un suivi serré des stocks.

6. La brochetterie grecque

$QC = (200 \times (30 + 4)) + (1{,}88 \times \sqrt{30 + 4} \times 30) - 2\,000$

$= 6\,800 + 328{,}86 - 2\,000$

$= 5\,129$ ml

On doit commander (5 129 ml / 500) = 10 contenants de 500 ml

7. La Banque des Laurentides

7.1 La demande annuelle (D) est 3 000 × 52 semaines = 156 000 billets par année.

Cc = 47 $

Ce = 0,04 × 20 $ = 0,80 $

QEC = $\sqrt{(2 \times 156\,000 \times 47) / 0{,}80}$ = 4 281,35

μ = 3 000 / 7 = 428,57 billets par jour

I_{opt} = 4 281,35 / 428,57 = 9,99 jours, ou 10 jours.

Le guichet devrait être réapprovisionné à tous les <u>10 jours</u>.

7.2 C_{tc} = (365 jours par année / 10 jours) × 47 $ = 1 715,50 $

C_{te} = (4 281,35 / 2) × 0,80 $ = 1 712,54 $

C_t = 1 715,50 $ + 1 712,54 $ = <u>3 425,09 $</u>

7.3 Le niveau cible est (10 + 0) × 428,57 = <u>4 285,7 billets</u> de 20 $

7.4 $S_s = 2{,}05 \times (54 \times \sqrt{10} + 0)$ = <u>350 billets</u> de 20 $

8. L'achat des boites d'emballage

8.1 Si on commande 1 000 boites par semaine et que cela suffit à satisfaire les besoins sans excédent, alors DT = 52 × 1 000 = <u>52 000 boites</u> par année.

À la QEC, $C_{tc} = C_{te}$, donc C_{tc} et C_{te} égalent tous deux 608,94 $ / 2 = 304,47 $.

Puisque $C_{tc} = DT/QC \times C_c$, alors C_c = 304,47 / (52 000 / 3 766) = <u>22,05 $</u>

Puisque $C_{te} = QC/2 \times C_e$, alors C_e = 304,47 / (3 766 / 2) = <u>0,1617 $</u>

8.2 C_t = [(52 000 / 1 000) × 22,05] + [(1 000 / 2) × 0,1617] = 1 146,60 $ + 80,85 $ = <u>1 227,45 $</u>. Puisque le coût total à la QEC est 608,94 $, l'économie est de <u>618,51 $</u>.



8.3 On devrait lui répondre qu'il serait quand même plus avantageux de commander le multiple de 1 000 boites le plus près de la QEC, soit 4 000 boites à la fois. À cette quantité, C_t = [(52 000 / 4 000) × 22,05] + [(4 000 / 2) × 0,1617] = 286,65 $ + 323,40 $ = 610,05 $. On aurait pratiquement la même économie annuelle, soit 617,40 $. Même s'il préfère ne commander que 3 000 boîtes à la fois, il fera quand même une économie de 602,70 $.

9. Keedles cellulaires

9.1 D = 3 × 365 = 1 095 téléphones par année

C_c = 13,60 $

C_e = 152 $

QEC = $\sqrt{(2}$ × 1 095 × 13,60) / 152 = <u>13,998 (ou 14)</u> téléphones

9.2 μ = 3 téléphones / jour

d = 4 jours

PC = 3 * 4 = 12 téléphones

Si on ajoute le stock de sécurité (2 téléphones), il faut commander lorsqu'il reste <u>14 téléphones</u> en stocks

9.3 Si le taux de consommation suit une distribution normale (ce qu'on peut présumer ici), Ss = Z × (σ × $\sqrt{d}$)

Donc, 2 = Z × (1 × $\sqrt{4}$)

2 / 2 = Z; donc Z = 1

Dans la table de distribution normale, cela correspond à un niveau de service de <u>84,13 %.</u>

9.4 Puisque le niveau de service est de 84,13 %, la probabilité qu'on ne puisse pas répondre à toute la demande est 100 – 84,13, soit <u>15,87 %.</u>

9.5 Pour un niveau de service de 90 %, il faut un stock de sécurité de 1,28 × (1 × $\sqrt{4}$) = <u>2,56 = 3 téléphones</u>.

9.6 **i.** Le niveau cible est (7 + 4) × 3 = 33 téléphones

ii. Dans le réapprovisionnement à période fixe, pour un niveau de service de 90 %, Ss = 1,28 (1 × $\sqrt{7}$ + 4) = 4,24. Il faut donc un stock de sécurité de 5 téléphones.

10. ABC Montréal

La première chose à faire est de calculer la valeur annuelle des achats de chaque article, puis de faire le total. On peut alors déterminer quelle proportion du total chaque article représente.

L'étape suivante consiste à catégoriser les articles selon leur importance relative. Ici, par exemple, il est clair que l'article no.1 est de loin le plus important, puisqu'il représente à lui seul plus de 45 % de la valeur des achats. C'est certainement un article de catégorie A. Assez loin derrière, mais tout de même assez importants, on retrouve les articles no. 4 et 5. On pourrait les mettre soit dans la catégorie A, soit dans la catégorie B. Viennent ensuite les articles no. 2, 3, 6, 7, 9 et 15, qu'on pourrait mettre dans la catégorie B. Enfin, tous les autres articles de moindre valeur seraient dans la catégorie C.



No.	Article	Volume annuel d'achat	Prix unitaire	Valeur annuelle des achats	Proportion du total des achats	Catégorie
1	Papier 8½ × 11 recyclé, caisse de 5 000	10 300 caisses	59,99 $ / caisse	617 897 $	45,5 %	A
2	Papier 8½ × 14 recyclé, caisse de 5 000	650 caisses	85,88 $ / caisse	55 822 $	4,1 %	B
3	Marqueurs pour tableaux, 12 / paq.	2 200 paquets	24,00 $ / paquet	52 800 $	3,9 %	B
4	Cartouches pour imprimantes	2 250 unités	93,99 $	211 477 $	15,6 %	A ou B
5	Papier hygiénique, caisse de 6	3 400 caisses	47,19 $ / caisse	160 446 $	11,8 %	A ou B
6	Papier essuie-tout, caisse de 24	1 230 caisses	32,09 $ / caisse	39 470 $	2,9 %	B
7	Tubes fluorescents 48'', bte de 30	280 caisses	187,50 $ / boite	52 500 $	3,9 %	B
8	Sel d'épandage, 50 lb	290 sacs	24 $ / sac	6 960 $	0,5 %	C
9	Stylos, 12 / paq.	1 525 paquets	20,19 $ / paquet	30 790 $	2,3 %	B
10	Cartons bristols pré-pliés, bte 100	106 boites	22,00 $	2 332 $	0,2 %	C
11	Chemises de carton, bte de 100	148 boites	27,99 $ / bte	4 143 $	0,3%	C
12	Savon à plancher Floor Science, 4 l.	720 contenants	27,00 $	19 440 $	1,4 %	C
13	Savon à main UP-87, 4 l.	67 contenants	13,49 $	904 $	0,1 %	C
14	Cahiers d'examen	40 000 unités	0,42 $	16 800 $	1,2 %	C
15	Pochette pour examens	8 000 unités	4,10 $	32 800 $	2,4 %	B
16	Enveloppes 10 × 13, bte 500	125 boites	97,00 $ / bte	12 125 $	0,9%	C
17	Enveloppes 4¼ × 9½, bte 500	165 boites	78,00 $/ bte	12 870 $	0,9 %	C
18	Post-it 3X3, paquet de 12	740 paquets	28,09 $/ paquet	20 787 $	1,5 %	C
19	Petits sacs à poubelle, caisse de 1 000	76 caisses	32,00 $ / caisse	2 432 $	0,2 %	C
20	Grands sacs à poubelle, caisse de 100	200 caisses	28,39 $ / caisse	5 678 $	0,4 %	C
	TOTAL			**1 358 473 $**		

Cette catégorisation permet de mettre les efforts là où ça compte le plus. Par exemple, les achats de papier et les stocks à maintenir doivent être gérés de très près, puisqu'il s'agit d'une dépense importante. Une gestion serrée peut permettre de faire des économies substantielles. Au contraire, pour les articles de catégorie C, la gestion peut être moins serrée. Pour plusieurs de ces articles, comme ils sont néanmoins essentiels au bon fonctionnement de l'université (on est mal pris si on manque de sacs à poubelles ou de cahier d'examen!), on s'assurera simplement d'en avoir toujours un stock suffisant, quitte à en avoir un peu trop.

Chapitre 4. La planification globale de la production

Questions de révision

1. Vrai
2. Vrai
3. Faux (la stratégie hybride n'est pas nécessairement plus coûteuse)
4. Faux (c'est la stratégie nivelée qui permet de stabiliser la main-d'œuvre)
5. Faux (on devrait normalement choisir le plan global qui respecte au mieux les contraintes et atteint les objectifs de l'entreprise, tout en ayant un coût raisonnable)
6. Vrai
7. Vrai
8. Vrai
9. Vrai
10. Faux (compte tenu des variables stratégiques considérées pour la préparation du PGP, le plan global doit inclure tous les produits ou, à tout le moins, de grandes familles de produits.)



Problèmes résolus

1. Thor Mobilité inc.

	Plan A	Plan B
Mouvements de main-d'œuvre	En janvier, on ne respecte pas la limite de 20 % de variation de la main-d'œuvre. La limite est respectée pour le reste du plan, mais les variations sont importantes.	Il y a des variations de main-d'œuvre, mais elles sont plus modérées et respectent les limites.
Temps supplémentaire	Il est élevé en avril, novembre et décembre mais respecte les limites.	Il est très élevé en novembre (17 %) et plus raisonnable en décembre. On respecte les limites.
Capacité inutilisée	Toute la capacité est utilisée, il n'y a aucun temps mort.	Il y a du temps mort en janvier, qui représente un peu plus de 5 % du temps travaillé.
Pénurie	Il n'y a pas de pénurie.	Il n'y a pas de pénurie, mais en décembre, il n'y a plus de stock.
Stock de fin	4 000 unités équivalentes.	Aucun.
Espace de stockage	On respecte la capacité maximale de stockage.	On respecte la capacité maximale de stockage.
Coût total	6 458 800 $. Plan le moins cher.	6 834 400 $. Plus cher de 375 600 $.

2. Meubles Ste-Marie inc.

Les réponses aux questions 2.1 et 2.2 sont intégrées dans le texte ci-dessous.

Le plan A correspond à une stratégie synchrone. Il a l'avantage d'être le moins cher des trois plans proposés, mais il ne respecte pas la limite de 10 % de variation de main-d'œuvre d'un mois à l'autre en mars, mai, juin, juillet, septembre et octobre. Puisqu'il n'y a pas de stock, les contraintes à cet égard sont respectées. C'est aussi le cas pour la contrainte de temps supplémentaire (il n'y en a pas). Le petit temps mort à chaque période s'explique par le fait que, pour respecter la demande, on a arrondi le nombre d'employés à l'entier supérieur.

Le plan B correspond à une stratégie hybride. La main-d'œuvre varie, mais à l'intérieur des limites. Ceci entraîne toutefois du temps mort assez élevé en novembre et décembre. Le niveau des stocks respecte aussi la limite de capacité de l'entrepôt et la limite de stock à la fin. Il y a quatre périodes consécutives de temps supplémentaire, dont deux mois (juillet et août) où les heures supplémentaires atteignent (mais sans la dépasser) la limite de 20 %. Il faudra voir si les employés acceptent de travailler autant d'heures supplémentaires pendant deux mois de suite et en plein été. De plus, malgré ce temps supplémentaire, on sera en pénurie en juillet et août (mais leur coût est inclus dans le coût total du plan, qui est de 4,6 % plus élevé que le coût du plan A).

Le plan C correspond à une stratégie nivelée. Après une mise à pied en janvier – qui dépasse la limite de 10 % –, la main-d'œuvre est stable toute l'année. On ne travaille pas non plus d'heures supplémentaires et le petit temps mort à chaque période s'explique par le fait qu'on a arrondi le nombre d'employés à l'entier supérieur. Par ailleurs, on dépasse la capacité de l'entrepôt en mai et en juin. Surtout, il y a de très nombreuses pénuries, qui dépassent 65 % de la demande en septembre; on a même des pénuries élevées pendant cinq mois de suite (de juillet à novembre). Bien que l'entreprise n'ait pas fixé de plafond aux pénuries, il est peu probable que ce plan soit acceptable. D'ailleurs, le nombre élevé de pénuries se traduit par le fait qu'il s'agit du plan le plus cher des trois, et de très loin (il est 48 % plus cher que le plan B).



3. Roulex inc.

3.1 Avant de pouvoir préparer les plans, il faut convertir la demande des deux produits en unités équivalentes, pour pouvoir ensuite les additionner.

	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
Trois roues Junior (1 UÉ)	200	250	300	200	100	50
Quatre roues Pro (2 UÉ)	150 × 2 = 300	225 × 2 = 450	250 × 2 = 500	200 × 2 = 400	250 × 2 = 500	225 × 2 = 450
Total en UÉ	500	700	800	600	600	500

Comme l'énoncé du problème ne précise pas que les plans nivelés et synchrones doivent respecter les contraintes, on pourrait proposer les deux plans suivants :

Plan de la stratégie nivelée :

PGP	Initial	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Total
Demande		500	700	800	600	600	500	3 700
Production		600	600	600	600	600	600	
Stock	200	300	200	0	0	0	100	100
Employés	51	60	60	60	60	60	60	
Embauches		9						
Mises à pied								
T. suppl. (en nbre d'employés)								
T. mort (en nbre d'employés)								

COÛTS (en $)	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Total
Stockage	30 000 $	20 000 $	- $	- $	- $	10 000 $	60 000 $
Pénurie	- $	- $	- $	- $	- $	- $	- $
Embauches	27 000 $	- $	- $	- $	- $	- $	27 000 $
Mises à pied	- $	- $	- $	- $	- $	- $	- $
Temps régulier	216 000 $	216 000 $	216 000 $	216 000 $	216 000 $	216 000 $	1 296 000 $
Temps supplémentaire	- $	- $	- $	- $	- $	- $	- $
Total	273 000 $	236 000 $	216 000 $	216 000 $	216 000 $	226 000 $	1 383 000 $

(Note : la production mensuelle est calculée en faisant la moyenne de la demande des six mois, moins le stock de début et plus le stock souhaité à la fin.)



Notons que pour la stratégie synchrone, plusieurs plans sont possibles selon qu'on utilise les embauches et les mises à pied, qu'on fait des heures supplémentaires ou qu'on admet des temps morts. Voici un plan n'utilisant que les embauches et les mises à pied :

PGP	Initial	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Total
Demande		500	700	800	600	600	500	3 700
Production		300	700	800	600	600	600	
Stock	200	0	0	0	0	0	100	100
Employés	51	30	70	80	60	60	60	
Embauches			40	10				
Mises à pied		21			20			
T. suppl. (en n^{bre} d'employés)								
T. mort (en n^{bre} d'employés)								

COÛTS (en $)	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Total
Stockage	- $	- $	- $	- $	- $	10 000 $	10 000 $
Pénurie	- $	- $	- $	- $	- $	- $	- $
Embauches	- $	120 000 $	30 000 $	- $	- $	- $	150 000 $
Mises à pied	42 000 $	- $	- $	40 000 $	- $	- $	82 000 $
Temps régulier	108 000 $	252 000 $	288 000 $	216 000 $	216 000 $	216 000 $	1 296 000 $
Temps supplémentaire	- $	- $	- $	- $	- $	- $	- $
Total	150 000 $	372 000 $	318 000 $	256 000 $	216 000 $	226 000 $	1 538 000 $

3.2.1 Chaque unité produite en temps régulier coûte 360 $ (soit 3 600 $ ÷ 10). Puisque les heures supplémentaires sont rémunérées à 1,5 fois le taux régulier, une unité produite en temps supplémentaire coûte 540 $, soit un supplément de 180 $. Les coûts de stockage sont de 100 $ par unité par mois. Le seuil d'indifférence est donc de 1,8 mois (180 ÷ 100). Donc, s'il faut stocker pendant un mois, il est plus avantageux de stocker que de faire des heures supplémentaires, mais s'il faut stocker pendant deux mois ou plus, les heures supplémentaires deviennent moins coûteuses.

3.2.2 Si le coût de pénurie est de 580 $ et que le coût de stockage est de 100 $ par mois, le seuil d'indifférence est de 5,8 mois (580 ÷ 100). Donc, s'il faut stocker pendant six mois ou plus, il devient plus avantageux d'être en pénurie.

3.2.3 Embaucher un ouvrier pour trois mois coûte (3 000 $ + 2 000 $) + (3 × 3 600 $) = 15 800 $, ce qui revient à 526,67 $ pour chacune des 30 unités produites. Tel que nous l'avons vu en 3.2.1, une unité produite en temps supplémentaire coûte 540 $. Dans ces conditions, il vaut mieux embaucher pour trois mois et mettre à pied que d'occasionner des heures supplémentaires. On peut aussi calculer le seuil d'indifférence : l'embauche et la mise à pied d'un employé coûtent 5 000 $ (sans compter son salaire), alors que le coût supplémentaire d'une unité produite en temps supplémentaire est de 180 $. Puisqu'un employé peut produire dix unités par mois, le seuil d'indifférence est de [5 000 $ ÷ (10 × 180)] = 2,8 mois. Donc, pour trois mois ou plus, il est plus économique d'embaucher.



4. L'entreprise Hero

4.1 Il n'y a aucun temps supplémentaire de janvier à juin (inclusivement). En juillet et août, le temps supplémentaire équivaut à un employé à temps complet. De septembre à décembre, le temps supplémentaire représente l'équivalent de cinq employés à temps complet.

4.2 Il s'agit d'une stratégie hybride ou modérée

- La production n'est pas constante, mais elle ne suit pas non plus parfaitement la demande
- On a recours aux stocks
- On a recours au temps supplémentaire
- On fait varier le nombre d'employés

4.3 Les avantages du temps supplémentaires sont :

- Les employés sont déjà formés
- Certains employés aiment faire du temps supplémentaire, particulièrement à l'approche des Fêtes.
- Flexible et facile à mettre en place
- Contrairement à la sous-traitance, on n'a pas à partager l'information avec un sous-traitant ni à dépendre de lui.
- Contrairement à l'embauche et aux mises à pied, on garde un nombre constant d'employé, et on n'a pas besoin de postes de travail supplémentaires.
- C'est généralement moins coûteux à court terme.

Les inconvénients sont :

- Certains employés ne veulent pas faire de temps supplémentaire
- Les employés risquent d'être plus fatigués et de se blesser
- La qualité risque de diminuer
- L'équipement peut être surutilisé
- Peut devenir coûteux à long terme.

Chapitre 5. La planification détaillée et la planification des besoins matières

Questions de révision

1. Vrai ou faux?

1.1 Faux (il faut préparer le PDP avant le PBM puisque ce dernier utilise les lancements planifiés du PDP)
1.2 Vrai
1.3 Vrai
1.4 Faux (elles peuvent venir de décisions de la direction mais aussi de contraintes techniques ou autres)
1.5 Faux (il faut d'abord les convertir en unités équivalentes)
1.6 Vrai
1.7 Vrai
1.8 Vrai

1.9 Faux (il faut multiplier le lancement planifié de l'article parent)
1.10 Vrai
1.11 Vrai
1.12 Faux (il ne faut faire qu'une seule grille et additionner les besoins bruts qui découlent des lancements planifiés de chacun des articles parents)

2. Vrai ou faux?

2.1 Faux (c'est une taille de lot minimale de 200 unités)

2.2 Vrai

2.3 Vrai

2.4 Vrai

2.5 Faux (les commandes reçues dépassent les prévisions, ce sont donc elles qu'il faut utiliser)

2.6 Vrai

2.7 Faux (il reste encore des unités disponibles à la vente aux semaines 32, 34 et 35)

2.8 Faux (il reste encore des unités disponibles à la vente à la semaine 32)

Problèmes résolus

1. Meubles Ste-Marie inc. (B)

Il faut commencer par faire le plan préliminaire permettant de répondre à la demande et aux commandes pour les deux produits :

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	UÉ	Délai						
PAM	1 900	× 1 000	1	1						
Semaine	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
Prévisions			1 880	1 880	1 880	1 880	1 300	1 300	1 300	1 300
Commandes acceptées			1 900	1 750	1 950	1 000	800	200	50	10
Stock projeté			0	120	170	290	990	690	390	90
Stock disponible à la vente										
Réception planifiée			0	2 000	2 000	2 000	2 000	1 000	1 000	1 000
Lancement planifié		0	2 000	2 000	2 000	2 000	1 000	1 000	1 000	



Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	UÉ	Délai
BR	990	× 500	1,75	1

Semaine	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
Prévisions			1 740	1 740	1 740	1 740	1 220	1 220	1 220	1 220
Commandes acceptées			1 300	1 150	1 810	1 220	640	20	0	0
Stock projeté			250	10	200	460	240	20	300	80
Stock disponible à la vente										
Réception planifiée			1 000	1 500	2 000	2 000	1 000	1 000	1 500	1 000
Lancement planifié		1 000	1 500	2 000	2 000	1 000	1 000	1 500	1 000	

Il faut ensuite faire l'analyse sommaire des capacités :

Analyse sommaire des capacités		26	27	28	29	30	31	32	33	34
PAM (en UÉ)		0	2 000	2 000	2 000	2 000	1 000	1 000	1 000	
BR (en UÉ)		1 750	2 625	3 500	3 500	1 750	1 750	2 625	1 750	
Capacité totale requise (en UÉ)		1 750	4 625	5 500	5 500	3 750	2 750	3 625	2 750	
Capacité disponible (en UÉ)		5 300	5 300	5 300	5 300	4 800	4 800	4 800	4 800	
Dépassement (en UÉ)		-3 550	-675	200	200	-1 050	-2 050	-1 175	-2 050	

Comme on le voit, la capacité disponible est dépassée aux semaines 28 et 29. De plus, on ne respecte pas la contrainte de ne fabriquer qu'un seul produit par semaine. Il faut donc modifier les plans préliminaires et essayer de respecter les contraintes. Après un processus d'essais et d'erreurs, on peut arriver au plan final ci-dessous (notons qu'il s'agit d'un exemple, d'autres plans seraient aussi possibles). Les contraintes de capacité et de fabrication d'un seul produit par semaine sont maintenant respectées. Toutefois, la contrainte de taille de lot et la limite de capacité ont pour conséquence qu'on aura un stock projeté négatif (-40) pour le produit BR à la semaine 30 (notons que l'on n'a pas reporté cette pénurie à la semaine suivante pour calculer le stock à la semaine 31). S'il est possible de contourner la taille de lot et de lancer en fabrication un peu plus que 3 000 unités aux semaines 26 et 28, on n'aura pas de pénurie planifiée. Remarquons toutefois – et c'est important – que cette pénurie ne se réalisera que si les ventes atteignent ou dépassent les prévisions. Le plan est parfaitement en mesure de remplir les commandes déjà reçues et, comme le montre le calcul du stock disponible à la vente, qui a maintenant été ajouté, on dispose encore de 1 510 unités pour remplir aux commandes qui s'ajouteront avant la semaine 31.



Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	UÉ	Délai
PAM	1 900	× 1 000	1	1

Semaine	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
Prévisions			1 880	1 880	1 880	1 880	1 300	1 300	1 300	1 300
Commandes acceptées			1 900	1 750	1 950	1 000	800	200	50	10
Stock projeté		1900	0	3 120	1 170	4 290	2 990	1 690	390	90
Stock disponible à la vente			0	1 300		2 950				990
Réception planifiée			0	5 000	0	5 000	0	0	0	1 000
Lancement planifié		0	5 000	0	5 000	0	0	0	1 000	

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	UÉ	Délai
BR	990	× 500	1,75	1

Semaine	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
Prévisions			1 740	1 740	1 740	1 740	1 220	1 220	1 220	1 220
Commandes acceptées			1 300	1 150	1 810	1 220	640	20	0	0
Stock projeté			2 250	510	1 700	-40	280	60	1 340	120
Stock disponible à la vente			1 510				860	980	2 500	
Réception planifiée			3 000	0	3 000	0	1 500	1 000	2 500	0
Lancement planifié		3 000	0	3 000	0	1 500	1 000	2 500	0	

Analyse sommaire des capacités		26	27	28	29	30	31	32	33	34
PAM (en UÉ)		0	5 000	0	5 000	0	0	0	1 000	
BR (en UÉ)		5 250	0	5 250	0	2 625	1 750	4 375	0	
Capacité totale requise (en UÉ)		5 250	5 000	5 250	5 000	2 625	1 750	4 375	1 000	
Capacité disponible (en UÉ)		5 300	5 300	5 300	5 300	4 800	4 800	4 800	4 800	
Dépassement (en UÉ)		-50	-300	-50	-300	-2 175	-3 050	-425	-3 800	



2. Le produit A

Nom de l’article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas
Composant B	200	× 500	3	1

Semaine	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
						Lancement PDP	200	50	250	150	100
Besoin brut							400	100	500	300	200
Stock projeté						200	300	200	200	400	200
Besoin net							200	0	300	100	0
Réception planifiée							500	0	500	500	0
Lancement planifié				500	0	500	500	0			

Nom de l’article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas
Composant C	3 450	Min. 10 000	1	1

Semaine	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Besoin brut							600	150	750	450	300
Stock projeté						3 450	2 850	2 700	1 950	1 500	1 200
Besoin net							0	0	0	0	0
Réception planifiée							0	0	0	0	0
Lancement planifié						0	0	0	0	0	

Nom de l’article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas
Matière D	2 600	× 5 000	2	2

Semaine	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Besoin brut pour A							200	50	250	150	100
Besoin brut pour B				2 000	0	2 000	2 000	0			
Besoin brut pour C						0	0	0	0	0	
Besoin brut total				2 000	0	2 000	2 200	50	250	150	100
Stock projeté			2 600	600	600	3 600	1 400	1 350	1 100	950	850
Besoin net				0	0	1 400	0	0	0	0	0
Réception planifiée				0	0	5 000	0	0	0	0	0
Lancement planifié		0	0	5 000	0	0	0	0	0		

Nom de l’article	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas
Matière E	700	Min. 1 000	1	2

Semaine	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Besoin brut				1 500	0	1 500	1 500	0			
Stock projeté			700	200	200	0	0	0			
Besoin net				800	0	1 300	1 500	0			
Réception planifiée				1 000	0	1 300	1 500	0			
Lancement planifié			1 000	0	1 300	1 500	0				

Note : on a omis ici le tableau de la matière F, puisqu’on n’en a besoin que pour le composant C et qu’on n’a pas à lancer de fabrication pour ce produit dans l’horizon du plan actuel.



3. Synthéco inc.

3.1

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas
M	2 000	× 2 500	1	1

Semaine			1	2	3	4	5	6	7	8	9
					Lancement PDP	6 000	4 000	0	1 000	2 000	5 000
Besoin brut						6 000	4 000	0	1 000	2 000	5 000
Stock projeté					2 000	1 000	2 000	2 000	1 000	1 500	1 500
Besoin net						4 000	3 000	0	0	1 000	3 500
Réception planifiée						5 000	5 000	0	0	2 500	5 000
Lancement planifié					5 000	5 000	0	0	2 500	5 000	

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas
R	4 000	L × L	1	1

Semaine			1	2	3	4	5	6	7	8	9
Besoin brut						12 000	8 000	0	2 000	4 000	10 000
Stock projeté					4 000	0	0	0	0	0	0
Besoin net						8 000	8 000	0	2 000	4 000	10 000
Réception planifiée						8 000	8 000	0	2 000	4 000	10 000
Lancement planifié					8 000	8 000	0	2 000	4 000	10 000	

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas
F	0	L × L	0	2

Semaine			1	2	3	4	5	6	7	8	9
Besoin brut					15 000	15 000	0	0	7 500	15 000	0
Stock projeté				0	0	0	0	0	0	0	0
Besoin net					15 000	15 000	0	0	7 500	15 000	0
Réception planifiée					15 000	15 000	0	0	7 500	15 000	0
Lancement planifié					15 000	15 000	0	0	7 500	15 000	0

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas
D	500	Min. 25 000	2	2

Semaine			1	2	3	4	5	6	7	8	9
Besoin brut					32 000	32 000	0	8 000	16 000	40 000	
Stock projeté				500	0	0	0	17 000	1 000	0	
Besoin net					31 500	32 000	0	8 000	0	39 000	
Réception planifiée					31 500	32 000	0	25 000	0	39 000	
Lancement planifié			31 500	32 000	0	25 000	0	39 000			

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas
C	0	L × L	0	2

Semaine			1	2	3	4	5	6	7	8	9
Besoin brut pour M					10 000	10 000	0	0	5 000	10 000	
Besoin brut pour R					8 000	8 000	0	2 000	4 000	10 000	
Besoin brut total					18 000	18 000	0	2 000	9 000	20 000	
Stock projeté				0							
Besoin net					18 000	18 000	0	2 000	9 000	20 000	
Réception planifiée					18 000	18 000	0	2 000	9 000	20 000	
Lancement planifié					18 000	18 000	0	2 000	9 000	20 000	

3.2 La nouvelle grille pour le produit C serait la suivante. Notons que le stock à la fin de la semaine 6 ne peut pas être utilisé à la semaine 7, puisqu'il a été reçu à la semaine 4 et que ce produit ne se conserve pas plus de deux semaines. On calcule donc le besoin net de la semaine 7 comme s'il n'y avait plus de stock.

Nom du produit	Stock au départ	Taille de lot	Délai	Niveau le + bas
C	0	Min. 20 000	0	2

Semaine			1	2	3	4	5	6	7	8	9
Besoin brut pour M					10 000	10 000	0	0	5 000	10 000	
Besoin brut pour R					8 000	8 000	0	2 000	4 000	10 000	
Besoin brut total					18 000	18 000	0	2 000	9 000	20 000	
Stock projeté				0	2 000	4 000	4 000	2 000	11 000	11 000	
Besoin net					18 000	16 000	0	0	9 000	9 000	
Réception planifiée					20 000	20 000	0	0	20 000	20 000	
Lancement planifié					20 000	20 000	0	0	20 000	20 000	

3.3 Les produits C et F sont instables, mais leurs articles parents (M et R) sont stables. Une option possible serait, lorsqu'on prévoit avoir des surplus des produits instables qu'il faudra jeter, d'augmenter plutôt la production de M ou de R. Le choix le plus pratique serait d'augmenter la fabrication du produit R puisqu'il est produit en lot pour lot. Par exemple, dans le cas actuel, on pourrait produire 2 000 kg de plus de R à la semaine 4, ce qui permettrait d'utiliser tout le C. Toutefois, si l'on veut lancer en production 10 000 kg de R à la semaine 4 (plutôt que les 8 000 kg présentement planifiés), il faut répercuter le changement sur la grille de planification du produit D, dont on a aussi besoin pour fabriquer le produit R.

4. L'entreprise C-Bio

Planification sommaire des capacités

Semaine	47	48	49	50	51	52
Capacité requise pour Kyoto	**2 000**	**2 000**	**2 000**	**1 000**	**3 000**	**1 000**
Capacité requise pour Boréal	**3 000**		**3 000**		**3 000**	
Capacité requise pour Océan			**6 000**		**6 000**	
Capacité totale requise	**5 000**	**2 000**	**11 000**	**1 000**	**12 000**	**1 000**
Capacité disponible	**1 000**	**4 000**	**(5 000)**	**5 000**	**(6 000)**	**5 000**

Grille de PDP

Article	Taille de lot	Délai	En stock
Kyoto	**X 1 000**	**0**	**500**

Semaine	47	48	49	50	51	52
Prévisions	2 000	1 800	1 500	1 500	2 100	1 200
Commandes acceptées	2 400	2 000	1 600	1 400	1 500	600
Stock projeté	**1 100**	**2 100**	**500**	**2 000**	**-100**	**700**
Stock disponible à la vente	**500** ~~**(1 100)**~~	**0** ~~**(- 600)**~~		**100**		**1 400**
Réception planifiée	**3 000**	**3 000**		**3 000**		**2 000**
Lancement planifié	**3 000**	**3 000**		**3 000**		**2 000**



Article	Taille de lot	Délai	En stock
Boréal	**X 2 000**	**0**	**1 000**

Semaine	47	48	49	50	51	52
Prévisions	1 200	1 200	800	800	600	600
Commandes acceptées	1 400	1 300	1 100	1 000	500	500
Stock projeté	**1 600**	**2 300**	**1 200**	**2 200**	**1 600**	**1 000**
Stock disponible à la vente	**1 200** ~~**(1 600)**~~	**0** ~~**(- 400)**~~		**0**		
Réception planifiée	**2 000**	**2 000**		**2 000**		
Lancement planifié	**2 000**	**2 000**		**2 000**		

Article	Taille de lot	Délai	En stock
Océan	**X 2 000**	**0**	**3 000**

Semaine	**47**	**48**	**49**	**50**	**51**	**52**
Prévisions	2 000	800	800	800	1 000	400
Commandes acceptées	600	500	300	300	400	
Stock projeté	**1 000**	**200**	**1 400**	**600**	**1 600**	**1 200**
Stock disponible à la vente	**1 900**		**1 400**		**1 600**	
Réception planifiée			**2 000**		**2 000**	
Lancement planifié			**2 000**		**2 000**	

PLANIFICATION SOMMAIRE DES CAPACITÉS

Semaine	47	48	49	50	51	52
Capacité requise pour Kyoto	**3 000**	**3 000**		**3 000**		**2 000**
Capacité requise pour Boréal	**3 000**	**3 000**		**3 000**		
Capacité requise pour Océan			**6 000**		**6 000**	
Capacité totale requise	**6 000**	**6 000**	**6 000**	**6 000**	**6 000**	**2 000**
Capacité disponible	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**4 000**

5. L'entreprise C-Bio : le PBM du Kyoto

5.1 L'horizon minimum de planification est de 5 semaines.

5.2 Grilles de planification des besoins-matières

Article	Taille de lot	Délai	En stock
Z	X1000	1	2 500

Semaine	41	42	43	44	45	46
Kyoto x 1						
Besoin brut total				**2 000**	**2 000**	**1 000**
Stock disp. projeté	2 500	2 500	2 500	500	500	500
Besoin net					1 500	500
Réception planifiée					2 000	1 000
Lancement planifié				2 000	1 000	



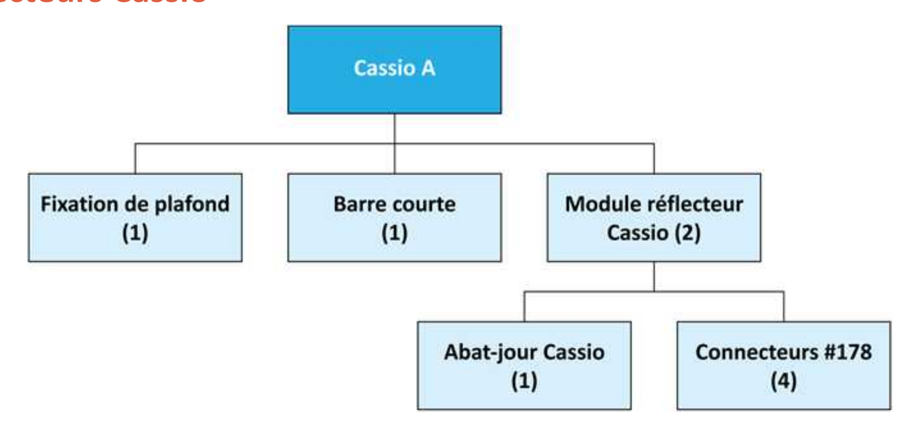
Article	Taille de lot	Délai	En stock
Y	Min. 1500	2	2 500

Semaine	41	42	43	44	45	46
Z × 2						
Besoin brut total				**4 000**	**2 000**	
Stock disp. projeté	2 500	2 500	2 500	0	0	
Besoin net				1 500	2 000	
Réception planifiée				1 500	2 000	
Lancement planifié		1 500	2 000			

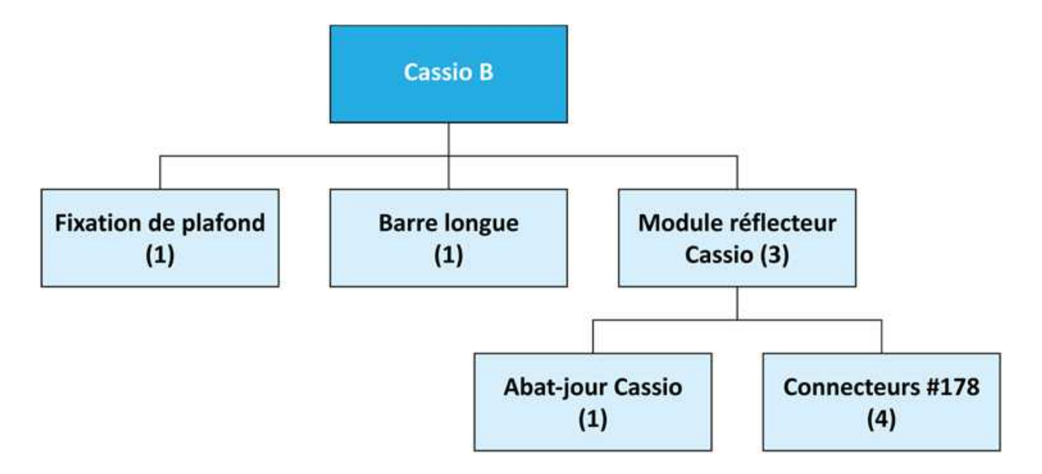
Article	Taille de lot	Délai	En stock
B	3 semaines	1	0

Semaine	41	42	43	44	45	46
Z × 1				2 000	1 000	
Y × 4		6 000	8 000			
Kyoto x 2				4 000	4 000	2 000
Besoin brut total		**6 000**	**8 000**	**6 000**	**5 000**	**2 000**
Stock disp. projeté	0	14 000	6 000	0	2 000	0
Besoin net		6 000			5 000	
Réception planifiée		20 000			7 000	
Lancement planifié	20 000			7 000		

6. Les réflecteurs Cassio







Chapitre 6. L'ordonnancement et la planification des projets

Questions de révision

1. Vrai
2. Vrai
3. Faux (le contrôle des activités de production désigne l'ensemble de l'activité de planification à court terme, incluant le suivi de l'avancement des travaux)
4. Vrai
5. Faux (le temps opératoire est le temps requis pour la transformation elle-même)
6. Faux (d'autres critères peuvent parfois donner de meilleurs résultats, selon la manière de mesurer la performance)
7. Vrai
8. Faux (on trouve rarement une séquence qui satisfasse l'ensemble des critères, il y a toujours des arbitrages à réaliser)
9. Faux (le graphique de Gantt n'établit ni la séquence ni l'assignation, il ne fait que les représenter visuellement)
10. Vrai
11. Vrai
12. Vrai
13. Vrai
14. Faux (les dates de fin les plus hâtives sont identiques aux dates de fin les plus tardives)
15. Vrai



Problèmes résolus

1. BFG inc.

1.1 La séquence selon le critère DLR est M2-M4-M1-M5-M3.

	1 à 57
Sondage	M2, M4, M1, M5, M3
Rapport	M2, M4, M1, M5, M3

1.2 La séquence selon le critère PAPS est M1-M2-M3-M4-M5.

	1 à 57
Sondage	M1, M2, M3, M4, M5
Rapport	M1, M2, M3, M4, M5

1.3

Selon DLR

M1	retard 6 jours
M2	avance 4 jours
M3	retard 22 jours
M4	à temps
M5	retard 16 jours

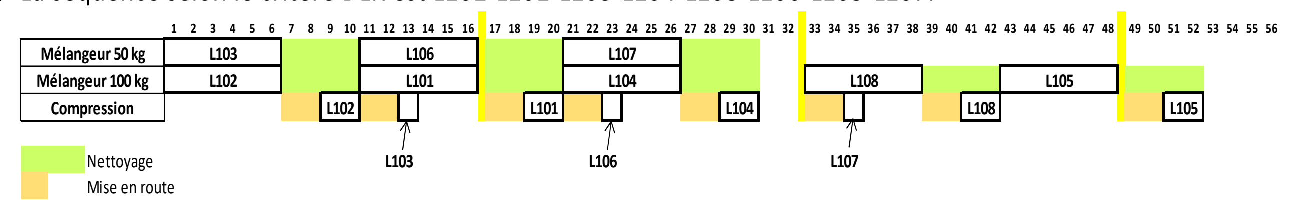
Selon PAPS

M1	avance 3 jours
M2	retard 12 jours
M3	retard 3 jours
M4	retard 24 jours
M5	retard 25 jours

	Nombre de commandes en retard (en avance)	Retard moyen des commandes (des commandes en retard)	Retard maximum	Temps morts
DLR	3 (1)	8,8 (14,7)	22 jours	6 + 5 = 11 jours
PAPS	4 (1)	12,8 (16)	25 jours	12 jours

2. Elixor Pharmaceuticals inc.

2.1 La séquence selon le critère DLR est L102-L101-L103-L104-L108-L106-L105-L107.



2.2 Oui, le lot L108 sera prêt après 42 heures (il devait être livré à l'heure 36, pour un retard de six heures) et le lot L105 sera prêt après 52 heures (il devait être livré à l'heure 48, pour un retard de quatre heures).

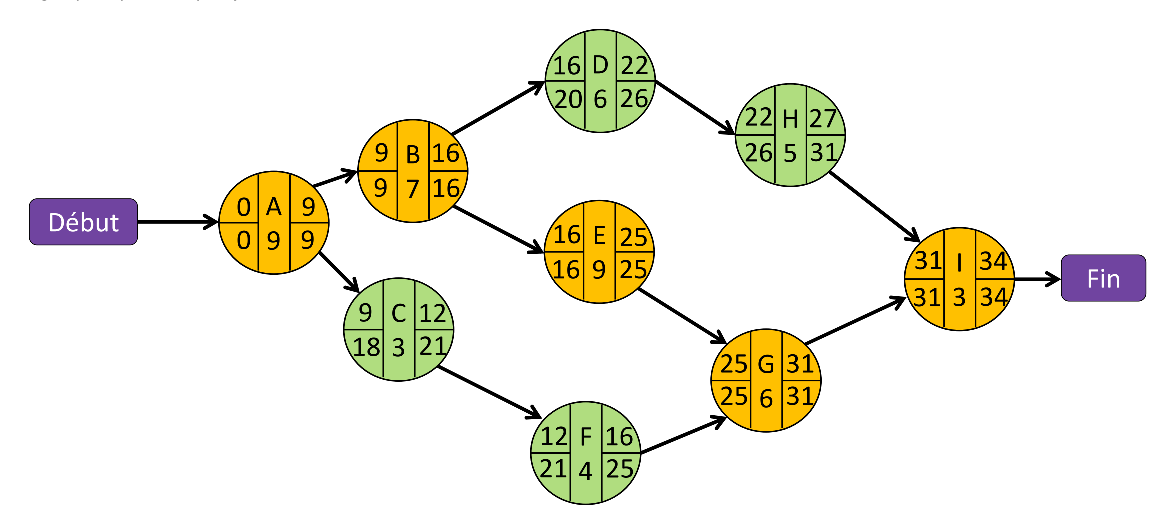
2.3 Il n'y a pas vraiment de meilleure séquence possible puisque les temps de mélangeage sont les mêmes pour tous les lots. Au mieux, s'il y avait urgence pour la livraison du lot L105, on pourrait le produire en deux lots de 50 kg plutôt qu'en un lot de 100 kg, mais ceci entraîne un nettoyage et une mise en route supplémentaires (et peut-être ce médicament ne peut-il pas être fabriqué en lots de 50 kg). Puisque le retard n'est que de quatre heures, ce serait du gaspillage.

Il y a des pertes de temps, mais à l'étape du mélangeage, elles sont occasionnées par l'horaire de travail (par exemple, on perd deux heures à la fin de la 2e journée, de 22 h à minuit). L'ajout d'un 2e appareil à compression serait inutile, selon les données actuelles. Les deux retards constatés ne viennent pas d'une file d'attente à l'étape de la compression; au contraire, c'est cette étape qui attend que les lots arrivent de la granulation.



3. Le parc de Sainte-Georgette-des-douleurs

3.1 Le graphique de projet est le suivant :



3.2 Le chemin critique est indiqué par les cercles orangés. Il est formé des étapes A-B-E-G-I. Il faudra 34 jours pour compléter le projet.

3.3 Ici, toutes les étapes qui ne sont pas situées sur le chemin critique disposent en effet d'une marge. Ces marges sont les suivantes : étape C : 9 jours (soit 18 – 9); étape D : 4 jours (soit 20 – 16); étape F : 9 jours (soit 21 – 12); étape H : 4 jours (soit 26 – 22).

4. L'atelier d'impression 3D

4.1 La séquence choisie par le planificateur correspond au critère du temps d'opération le plus court (TOC) :

C3 = 4 (soit 1 + 3); C4 = 9; C7 = 10; C1 = 12; C6 = 14; C5 = 21; C2 = 22

4.2 Calculons la marge libre de chaque commande

Numéro de commande	Étape 1	Étape 2	Délai restant	Marge libre
C1	4	8	14	14 – 12 = 2
C2	13	9	22	22 – 22 = 0
C3	1	3	12	12 – 4 = 8
C4	5	4	7	7 – 9 = -2
C5	10	11	24	24 – 21 = 3
C6	8	6	15	15 – 14 = 1
C7	4	6	23	23 – 10 = 13

Selon MLM, la séquence serait : C4 – C2 – C6 – C1 – C5 – C3 – C7

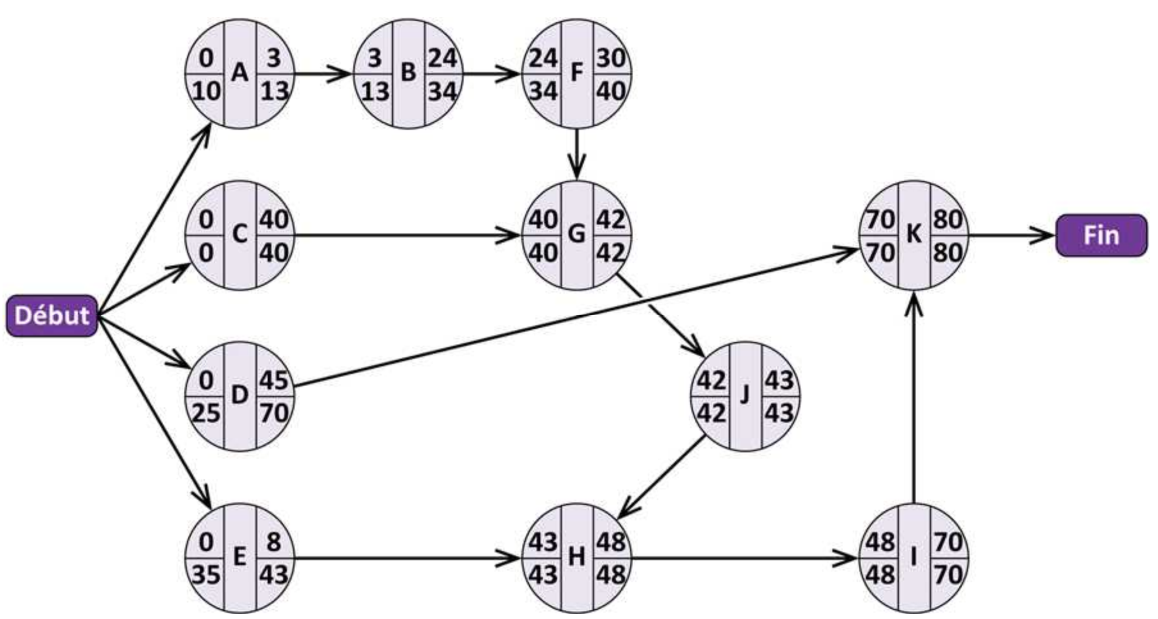


5. La soirée Hommage

5.1 La table des préalables qui correspond à ce graphique est :

Activité	Durée estimée	Activités préalables
A	3	–
B	21	A
C	40	–
D	45	–
E	8	–
F	6	B
G	2	C, F
H	5	E, J
I	22	H
J	1	G
K	10	D, I

5.2 Le graphique de projets complet est :



Le chemin critique est C-G-J-H-I-K.





Chapitre 7. L'approvisionnement et la chaîne logistique

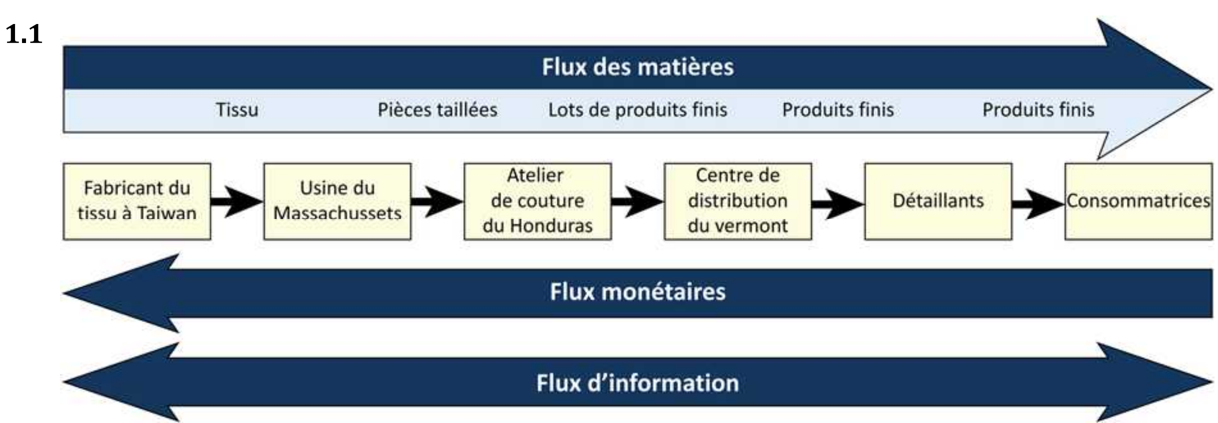
Questions de révision

1. Faux (l'achat est une des formes d'acquisition possibles, et l'acquisition est une des activités de l'approvisionnement)
2. Faux (la sous-traitance fait référence à la production d'un bien par un tiers, alors que l'impartition réfère à la réalisation d'un service par un tiers)
3. Vrai
4. Faux (cette tâche est normalement confiée à la fonction Approvisionnement)
5. Vrai
6. Vrai
7. Faux (le document utilisé par les clients internes est la requête d'achat; le bon de commande est destiné aux fournisseurs)
8. Faux (la relance consiste à contacter les fournisseurs pour s'assurer qu'ils rempliront leurs obligations à temps)
9. Faux (le prix d'achat n'est qu'un des éléments à considérer, et son importance peut être plus ou moins grande selon la nature de l'achat et le contexte d'achat)
10. Vrai
11. Faux (un fournisseur qui gère bien son entreprise est plus fiable, entre autres)
12. Vrai
13. Faux (la localisation des entreprises de services est tout aussi importante, sinon plus, que celle des entreprises industrielles, surtout lorsque le client doit se rendre sur place pour recevoir le service)
14. Faux (le train est normalement plus lent mais aussi plus économique que le camion)
15. Vrai

Problème résolu

1. Griffin Manufacturing

1.1





1.2 Une gestion complète de la chaîne est nécessaire pour s'assurer que tous les participants disposent de la bonne information au bon moment. En interagissant, les partenaires peuvent trouver des manières de réduire les coûts de production et de transport, et de mieux répondre aux besoins du marché. On pourra aussi, au besoin, répondre de manière plus rapide. Il est également essentiel de contrôler la qualité de tous les aspects du produit tout au long de la chaîne. Les partenaires venant de différents pays, il se présente aussi une variété d'enjeux importants (taux de change, problèmes de transport, etc.)

1.3 Plusieurs raisons sont possibles. L'entreprise dispose peut-être dans son usine du Massachussets d'un surplus de capacité, ou encore d'une technologie de pointe pour le taillage qui lui permet de réduire les coûts ou d'améliorer la qualité. Il se peut aussi que l'étape de taillage soit particulièrement cruciale pour la qualité du produit fini et que l'entreprise préfère en garder le contrôle. Il est aussi possible qu'on n'ait pas trouvé de fournisseur compétent pour réaliser cette étape.

2. La fromagerie Migneron

Puisque l'entreprise est reconnue pour la qualité de ses produits, le premier critère dont on doit tenir compte est la capacité de l'équipement à produire du fromage correspondant aux normes actuelles de qualité. Il faut donc commencer par obtenir les spécifications techniques des différents appareils considérés et, si possible, en faire l'essai ou à tout le moins tester et goûter les produits de fabricants qui les utilisent présentement.

Quelle est la capacité de production des appareils (capacité théorique et réelle)? Est-ce que cette capacité suffit pour les besoins de l'entreprise, présents et futurs?

Installer et bien faire fonctionner un nouvel équipement de pointe requiert aussi du personnel qualifié. Les fournisseurs s'occupent-ils de l'installation? Offrent-ils une formation aux utilisateurs? Les guides d'utilisation sont-ils bien conçus et disponibles en français?

Quelles sont les garanties offertes (durée, pièces touchées, main-d'œuvre, etc.)? Quelle est la durée de vie utile des appareils? Les pièces de rechange seront-elles encore disponibles dans 10 ou 20 ans? Quel sera leur prix? L'entreprise fournira-t-elle tous les schémas techniques de l'appareil pour qu'on puisse en faire l'entretien?

Quelle est la fiabilité des fournisseurs? S'agit-il d'entreprises dont les produits sont reconnus pour leur fiabilité et leur durabilité? Où sont situés ces fournisseurs? Sera-t-il facile de communiquer avec eux, au besoin? Seront-ils encore en affaires dans 10 ou 20 ans?

Quel est le prix de l'appareil? S'il n'est pas vendu en dollars canadiens, quel est le taux de change? Combien coûte la livraison? Offre-t-on des modalités de paiement? Quel est son coût d'utilisation (en énergie et en entretien)?

Quels sont les délais de livraison et d'installation? Comment les appareils seront-ils livrés? Qui en sera responsable pendant le transport?



Chapitre 8. Le tandem produit-processus et l'aménagement

Questions de révision

1. Faux (les produits incluent les services, et il faut concevoir les services à rendre)
2. Vrai
3. Vrai
4. Faux (il y a différentes façons pour l'entreprise de demeurer concurrentielle; elle peut choisir de se concentrer sur un seul produit et y exceller)
5. Faux (les technologies sont plus larges que les TIC; par exemple, l'évolution des technologies de cuisson ont influencé l'industrie de la restauration)
6. Vrai
7. Vrai
8. Faux (il s'agit de la fabrication modulaire)
9. Vrai
10. Faux (elle englobe aussi bien d'autres éléments)
11. Faux (ce n'est pas un processus de masse)
12. Faux (il est semi-continu)
13. Vrai
14. Faux (habituellement, la demande est trop faible pour un procédé de masse en continu)
15. Vrai
16. Faux (les décisions d'aménagement coûtent cher et sont difficiles à modifier, donc très importantes)
17. Vrai
18. Vrai
19. Vrai
20. Faux (dans plusieurs services, le client demeure sur place et on y amène ce qu'il faut pour la transformation)

Problèmes résolus

1. Identité inc.

1.1 Un processus de type atelier : production sur commande, peu standardisé, volume faible, processus flexible, peu d'économies d'échelle. L'aménagement est probablement fonctionnel ou cellulaire.

1.2 Pour le nouveau produit, les exigences du marché sont bien différentes : on veut un produit plus standardisé, une production à volume plus élevé, des économies d'échelle et, probablement, une fabrication pour les stocks. Il faut donc un procédé de type masse par lot, ou même masse en continu. En principe, un procédé de type masse par lot serait cohérent avec un aménagement fonctionnel ou cellulaire. Si l'aménagement actuel est de type cellulaire, on pourrait ajouter une ou plusieurs cellules consacrées entièrement au nouveau produit, ce qui permettrait de gérer les deux produits de manière séparée. Si l'aménagement actuel est de type fonctionnel, la situation est plus compliquée. D'une part, puisque les deux types de produit répondent à des exigences de marché différentes, il y aurait constamment des problèmes de priorisation des commandes s'ils partagent les mêmes équipements. D'autre part, compte tenu de la nature des produits actuels, il est très peu probable que les clients acceptent que leurs produits à très haute sécurité soient confiés aux mêmes catégories d'employés qui feraient les nouveaux produits. Donc, Isabelle a tort, et il faut séparer la fabrication des deux catégories de produits.



1.3 Pour les produits actuels, les commandes résultent de la passation de contrats avec un petit nombre de clients. Dans certains cas, cela peut permettre de collaborer avec les clients potentiels pour prévoir la demande à moyen terme, mais ce type de client exige souvent des délais assez courts. Il n'y a pas de stocks de produits finis, mais probablement un certain stock des composants et pièces les plus utilisés, et certainement des stocks de pièces pour faire l'entretien et la réparation des produits déjà installés chez les clients. La production doit être très flexible, et les activités principales sont certainement l'ordonnancement et l'assignation du travail. Pour obtenir la flexibilité désirée, on établira des ententes à long terme avec un petit nombre de fournisseurs spécialisés capables de livrer rapidement les articles requis, et avec une qualité constante et élevée.

Pour les nouveaux produits, on fabrique pour les stocks. On doit donc mettre en place un bon système de prévision de la demande (qui devra tenir compte de l'évolution du cycle de vie du produit), puis planifier la production en conséquence. S'il y a plusieurs modèles du nouveau produit, il faudra faire un plan directeur de production, puis un plan des besoins matières. S'il n'y a qu'un seul modèle avec un taux de fabrication relativement constant, un modèle de gestion des stocks avec points de réapprovisionnement serait suffisant. La pression sur les coûts étant plus grande, il faudra trouver des fournisseurs capables d'atteindre les spécifications requises à un prix raisonnable, mais on pourra négocier sur la base d'un volume d'achat plus élevé.

2. Les types de processus à identifier

2.1 Les salles de cinéma sont un exemple de processus de masse par lot, puisqu'un « lot » de clients regardent le film tous ensemble, puis fait place au lot suivant. Le flux est discontinu.

2.2 Pour la fabrication des tranches de fromage, il s'agit d'un processus de type masse en continu ou même *process* (ou quasi-*process*) puisque le flux des produits doit y être pratiquement continu, le volume très élevé et les coûts, faibles.

2.3 Dans la succursale d'une banque, on retrouvera un processus de type atelier : le flux des clients est discontinu selon le type de service qu'ils recherchent (opération bancaire simple, ouverture de compte, rencontre avec un conseiller en placement, etc.), le produit est peu standardisé, et le volume est relativement faible.

3. Les types d'aménagement à identifier

3.1 Si l'on considère dans leur ensemble toutes les salles d'opération d'un même hôpital, on pensera à un aménagement cellulaire puisque chaque salle contient tout l'équipement nécessaire à la chirurgie d'un patient et que les cliniciens y travaillent collectivement à réaliser le travail. Par contre, si l'on considère une salle d'opération en particulier, on trouvera plutôt un aménagement fixe : le patient sur la table d'opération ne se déplace pas, les différents prestataires de soins apportent à la table ce dont ils ont besoin au fur et à mesure du déroulement de la chirurgie.

3.2 En général, les gym ont un aménagement de type fonctionnel : les aires sont séparées par fonction (vestiaire, douches, entraînement) et les équipements sont regroupés par familles (poids libres, appareils de musculation, tapis roulants, vélos stationnaires); les clients se déplacent de manière discontinue d'un endroit à l'autre selon leurs goûts.

3.3 Un terrain de golf a un aménagement linéaire, tous les clients passant par le même circuit dans le même ordre.

3.4 Si l'on considère dans son ensemble un grand salon de coiffure, on trouve un aménagement de type fonctionnel : une section est consacrée aux coiffeurs, une section aux coloristes, une section aux shampoings (avec, parfois, une section pour les manucures).



Chapitre 9. L'organisation et l'amélioration du travail – La gestion de la capacité

Questions de révision

1. Vrai
2. Faux (le triangle inversé représente un stock, c'est le losange qui représente l'alternative)
3. Faux (c'est le graphique d'opérations)
4. Vrai
5. Vrai
6. Faux (il sera plus court, puisqu'on multiple le *TOM* par 85/100)
7. Faux (le temps standard est, justement, « standardisé » pour qu'on n'ait plus à tenir compte de l'employé qui effectue la tâche)
8. Vrai
9. Faux (le *TS* ne dépend que de la durée de chacun des éléments de la tâche, et non de la manière dont ils sont organisés)
10. Faux (le chronométrage s'applique aux tâches répétitives et de durée relativement constante, qu'elles soient industrielles ou de service)
11. Faux (le goulot d'étranglement est la tâche dont la cadence est la plus faible)
12. Vrai
13. Faux (la notion de goulot d'étranglement ne s'applique que pour les processus séquentiels, où le travail est divisé)
14. Vrai
15. Vrai
16. Vrai
17. Faux (le ratio d'efficacité est le rapport entre la production réelle et la capacité réelle)
18. Faux (le coefficient d'apprentissage est le ratio du temps requis pour la dernière unité lorsqu'on double le nombre d'unités fabriquées)
19. Vrai
20. Vrai
21. Faux (on est alors en sous-capacité)
22. Vrai
23. Vrai
24. Vrai
25. Vrai



Problèmes résolus

1. Un problème de base

1.1

Opérations	1	2	3	4	5
Temps observés (en centièmes de minute)	125	95	85	118	82
	122	115	92	123	88
	128	90	88	116	77
	120	110	85	123	85
	125	105	90	125	83
Temps observé moyen	124	103	88	121	83
Facteur d'allure	75	110	95	100	120
Temps normalisé	93	113,3	83,6	121	99,6
Majoration	15 %	10 %	20 %	20 %	10 %
Temps standard (en centièmes de minute)	106,95	124,63	100,32	145,20	109,56
Temps de cycle (en minutes)	1,0695	1,2463	1,0032	1,452	1,0956
Cadence (en unités par heure)	56,101	48,143	59,809	41,322	54,765

1.2 Le temps standard de fabrication d'une unité complète du produit est de 5,87 minutes, soit le total du temps standard de chaque opération.

1.3 Le temps cycle de fabrication d'une unité complète du produit est de 1,452 minute, soit le temps de cycle de l'étape goulot.

1.4 La cadence du processus dans son ensemble est de 41,322 unités à l'heure, soit la cadence de l'étape goulot.

1.5 La capacité du processus pendant une journée normale de travail de 480 minutes est de 330,58 unités, qu'on peut trouver soit en multipliant la cadence par huit heures, soit en divisant 480 minutes par le temps de cycle.

1.6 Il s'accumulera des produits en cours entre les opérations 1 et 2, au taux de 7,958 unités à l'heure (soit 56,101 – 48,143), et entre les opérations 3 et 4, au taux de 6,820 unités à l'heure (soit 48,143 – 41,322). Il n'y aura pas de produits en cours entre les opérations 2 et 3, ni entre les opérations 4 et 5.

Opérations	1	2	3	4	5
Cadence (en unités par heure)	56,101	48,143	59,809	41,322	54,765
Accumulation d'en cours en aval (en unités par heure)	7,958		6,820		0
Taux d'utilisation	100 %	100 %	80,5 %	100 %	75,5 %



1.7 Il n'y aurait pas de goulot d'étranglement. On ne peut trouver un goulot d'étranglement que dans les processus séquentiels (division du travail).

1.8 Le temps standard restera le même, à moins que le fait d'effectuer plusieurs opérations différentes se traduise par un taux d'apprentissage plus faible ou encore par des ralentissements lorsqu'un même employé passe d'une opération à l'autre.

1.9 Si le temps standard total est de 5,87 minutes, chaque employé peut produire 81,77 unités par jour (soit 480 minutes ÷ 5,87 minutes/unité). Si l'on conserve cinq employés, la capacité totale est de 408,85 unités par jour.

1.10 Parce qu'ici, le travail n'est pas équilibré entre les cinq postes lorsqu'on divise le travail, ce qui crée un goulot qui fait perdre une partie de la capacité disponible. Lorsque chaque employé réalise les cinq opérations, il n'y a pas de goulot d'étranglement et donc pas de perte de capacité.

2. Le fraisage de la pièce 2630

2.1

Nº	Élément	Temps observés (en minutes et centièmes de minute)					Nbre obs.	*TOM*	*FA*	*TN*	Majoration			*TS*
											5 %	5 %	12,5 %	
1	Poser la pièce dans la machine et démarrer	0,45	0,52	0,47	0,50	0,51	**10**	**0,48**	**105**	**0,504**	x	x	x	**0,617**
		0,44	0,45	0,48	0,47	0,51								
2	Limer l'arête de la face à usiner	0,24	0,25	0,22	0,20	0,22	**10**	**0,23**	**110**	**0,253**	x		x	**0,297**
		0,34	0,17	0,20	0,16	0,30								
3	Calibrer l'épaisseur sur la plaque d'ajustage	0,63	0,58	0,59	0,69	0,59	**10**	**0,607**	**120**	**0,728**	x		x	**0,856**
		0,61	0,58	0,57	0,62	0,61								
4	Attendre l'opération par la machine	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	**5**	**1,05**	**100**	**1,05**		x	x	**1,234**
5	Arrêter la machine et retirer la pièce	0,32	0,26	0,27	0,31	0,34	**10**	**0,28**	**80**	**0,224**	x	x	x	**0,274**
		0,28	0,30	0,24	0,22	0,26								
6	Vérifier la pièce et la placer dans la boîte	1,02	0,80	0,75	0,76	0,79	**10**	**0,8**	**80**	**0,64**	x		x	**0,752**
		0,80	0,81	0,75	0,74	0,78								
7	Nettoyer la table de la machine	0,32	0,38	0,40	0,35	0,36	**10**	**0,36**	**100**	**0,36**	x	x	x	**0,441**
		0,38	0,33	0,38	0,30	0,40								

Le temps standard total est de 4,471 minutes.

2.2 Ce poste peut produire 107,4 unités par jour (soit 480 ÷ 4,471).



2.3 La nouvelle tâche sera :

Nº	Élément	Temps observés (en minutes et centièmes de minute)					Nbre obs.	*TOM*	*FA*	*TN*	Majoration			*TS*
											5 %	5 %	12,5 %	
1	Poser la pièce dans la machine et démarrer	0,45	0,52	0,47	0,50	0,51	**10**	**0,48**	**105**	**0,504**	x	x	x	**0,617**
		0,44	0,45	0,48	0,47	0,51								
		0,34	0,17	0,20	0,16	0,30								
		0,61	0,58	0,57	0,62	0,61								
4	Attendre l'opération par la machine	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	**5**	**1,25**	**100**	**1,25**		x	x	**1,469**
5	Arrêter la machine et retirer la pièce	0,32	0,26	0,27	0,31	0,34	**10**	**0,28**	**80**	**0,224**	x	x	x	**0,274**
		0,28	0,30	0,24	0,22	0,26								
6	Vérifier la pièce et la placer dans la boîte	1,02	0,80	0,75	0,76	0,79	**10**	**0,8**	**80**	**0,64**	x		x	**0,752**
		0,80	0,81	0,75	0,74	0,78								
7	Nettoyer la table de la machine	0,32	0,38	0,40	0,35	0,36	**10**	**0,36**	**100**	**0,36**	x	x	x	**0,441**
		0,38	0,33	0,38	0,30	0,40								

Le nouveau temps standard total sera de 3,553 minutes. On peut maintenant produire 135,1 unités par jour, soit 27,7 unités de plus qu'auparavant.

2.4 Il faut d'abord voir si l'on a besoin de cette production supplémentaire. Si oui, on devrait ensuite calculer l'écart de coût de revient des pièces produites par les deux méthodes et les revenus engendrés par les ventes supplémentaires, puis évaluer si l'investissement dans le nouvel équipement sera rentable (par exemple, en calculant de délai de récupération). Sinon, il pourrait s'agir d'une dépense inutile, à moins que le nouvel appareil présente d'autres avantages ou que le temps libéré de l'employé puisse être mieux mis à profit ailleurs. Il faut aussi considérer la demande future. Par ailleurs, si l'on doit souvent faire des mises en route sur cet appareil, il faudrait aussi comparer le temps de mise en route de l'ancien appareil avec celui du nouvel appareil et s'assurer que le gain de capacité n'est pas annulé par un allongement du temps de mise en route. On remarque aussi qu'avec le nouvel appareil, l'employé passe plus de temps à attendre l'opération par la machine (avant, le temps de cette tâche représentait 27,6 % du *TS* total; avec le nouvel appareil, cela représente 41,3 % du *TS* total). Ceci peut être un avantage (l'employé est moins fatigué) mais aussi un inconvénient (une proportion élevée de temps inoccupé entraîne parfois du désintérêt et des distractions). Si plusieurs appareils fonctionnent en parallèle et si l'employé peut laisser la machine travailler sans surveillance, on pourrait évaluer la possibilité qu'un même employé opère deux fraiseuses en parallèle. Bien entendu, tout changement doit tenir compte des conséquences possibles pour l'ensemble des parties prenantes.



3. Les coffrets pour le Carnaval de Québec

3.1

Opérations	*FA*	*TOM*	*TN* (par unité)	Modèle 1	Modèle 2	Modèle 3
Prendre un coffret et le tapisser de paille	110	74,2	81,62	81,62	81,62	81,62
Disposer la bouteille de caribou	90	26	23,4	23,4	23,4	23,4
Disposer la carte du Vieux-Québec	110	22,8	25,08	25,08	25,08	25,08
Disposer le porte-clés	100	15,2	15,2		15,2	15,2
Disposer la ceinture fléchée	85	91,2	77,52			77,52
Refermer le coffret et le sceller	100	89,6	89,6	89,6	89,6	89,6
Mise en caisse	110	126	11,55	11,55	11,55	11,55
		TN total		231,25	246,45	323,97
		Majoration		15 %	15 %	15 %
		TS total		265,94	283,42	372,57

Le temps standard total est de 2,66 minutes pour le modèle 1, de 2,83 minutes pour le modèle 2 et de 3,73 minutes pour le modèle 3.

3.2

	Modèle 1	Modèle 2	Modèle 3
TS total	2,66	2,83	3,73
Coût de M.O.	0,532 $	0,566 $	0,746 $
Matières :			
• Coffret	2,10 $	2,10 $	2,10 $
• Caribou	16,00 $	16,00 $	16,00 $
• Carte	1,40 $	1,40 $	1,40 $
• Porte-clés		2,25 $	2,25 $
• Ceinture			10,20 $
COÛT TOTAL	20,03 $	22,32 $	32,70 $
Prix de vente	25,00 $	29,00 $	40,00 $
Profit	4,97 $	6,68 $	7,30 $

3.3 Si l'on veut minimiser les risques, on devrait éviter de trop stocker et se préparer plutôt à produire rapidement en fonction de la demande. S'il faut absolument fabriquer pour les stocks, on devrait privilégier le modèle dont le coût de revient est le plus faible (le modèle 1). Même si le modèle 3 présente la meilleure marge de profit, c'est aussi lui qui a le coût de revient en matières premières le plus élevé, surtout à cause du coût des ceintures fléchées. On devrait limiter les stocks de ce modèle.



3.4 Si la ressource contraignante est le nombre d'heures-personnes disponibles, il faut favoriser le produit qui rentabilise le mieux cette ressource. Il faut donc calculer le profit généré par heure travaillée pour les trois modèles :

	Modèle 1	Modèle 2	Modèle 3
TS total	2,66	2,83	3,73
Profit	4,97 $	6,68 $	7,30 $
Cadence (en unités par heure)	22,56	21,20	16,09
Profit par heure travaillée	112,10 $	141,70 $	117,50 $

On doit donc favoriser le modèle 2. Même si le modèle 3 offre un meilleur profit unitaire, il prend plus de temps à fabriquer et l'on peut donc en fabriquer moins. Le modèle 1 ne prend pas beaucoup moins de temps que le modèle 2 mais génère un moins bon profit.

3.5 Il y a de nombreuses solutions à cette question. Une solution simple consisterait à regrouper les quatre tâches dont le *TS* est le plus court et qui, mises ensemble, auraient néanmoins un *TS* total plus court que les autres :

<table>
<tr><th>Opérations</th><th>Modèle 3 (TN)</th><th>TN des tâches regroupées</th><th>TS</th><th>Cadence (en unités par heure)</th></tr>
<tr><td>Prendre un coffret et le tapisser de paille</td><td>81,62</td><td>81,62</td><td>93,863</td><td>63,92</td></tr>
<tr><td>Disposer la bouteille de caribou</td><td>23,4</td><td rowspan="4">75,23</td><td rowspan="4">86,5145</td><td rowspan="4">69,35</td></tr>
<tr><td>Disposer la carte du Vieux-Québec</td><td>25,08</td></tr>
<tr><td>Mise en caisse</td><td>11,55</td></tr>
<tr><td>Disposer le porte-clés</td><td>15,2</td></tr>
<tr><td>Disposer la ceinture fléchée</td><td>77,52</td><td>77,52</td><td>89,148</td><td>67,30</td></tr>
<tr><td>Refermer le coffret et le sceller</td><td>89,6</td><td>89,6</td><td>103,04</td><td>58,23</td></tr>
</table>

On fonctionnerait alors avec quatre postes de travail consécutifs, et le goulot d'étranglement serait l'étape finale (refermer le coffret et le sceller). La cadence du processus serait de 58,23 coffrets à l'heure. Toutefois, un des postes aura à réaliser quatre tâches, dont une qui ne revient qu'à toutes les 12 coffrets (faire la mise en caisse).



4. Équipements BBQ inc.

4.1

Opérations	Description (et unité de référence)	Temps standard de l'opération (en minutes)	Employés (quart de jour)	Employés (quart de soir)	**Cadence (en boîtes/heure)**
A	Manutention des pièces en provenance de la section de fabrication (1 boîte)	9	Simon	Marc	**6,67 (60 ÷ 9)**
B	Préemballage des pièces en vue de la mise en boîte (1 boîte)	28	Rachid et Daniel	Luc et Louis	**4,29 [(60 ÷ 28) × 2]**
C	Manutention et préparation de la boîte d'emballage (1 boîte)	7	Karine	Alice	**8,57 (60 ÷ 7)**
D	Insertion des pièces dans la boîte selon la séquence prédéterminée (1 boîte)	21	Nadia et Sophie	Charles et Jean	**5,71 [(60 ÷ 21) × 2]**
E	Inspection visuelle des pièces et validation du contenu (1 boîte inspectée sur 6)	36	Roger (à 70 % de son temps)	Annie (à 70 % de son temps)	**7 [(60 ÷ (36 ÷ 6)) × 0,7]**
F	Fermeture de la boîte, identification de la commande de référence et étiquetage (1 boîte)	7	William	Alexandre	**8,57 (60 ÷ 7)**
G	Transport des boîtes vers l'entrepôt (1 palette de 12 boîtes)	8	Roger (à 30 % de son temps)	Annie (à 30 % de son temps)	**27 [(60 ÷ (8 ÷ 12)) × 0,3]**

Le goulot d'étranglement est à l'étape B, qui a la cadence la plus faible. La cadence du processus est donc de 4,29 boîtes par heure et la capacité est de 300,3 boîtes par semaine (70 × 4,29).



4.2 Il est vrai que la présence d'un goulot d'étranglement vient ralentir le processus, mais il n'y a ici qu'un seul goulot, situé à l'étape B. La seule façon d'avoir plus d'un goulot est si deux étapes (ou plus) ont exactement la même cadence, et que cette cadence est la plus faible du processus.

4.3 Le taux d'utilisation du poste de travail de l'opération F est de 50,1 %, soit 4,29 ÷ 8,57.

4.4 S'il est impossible de partager leur temps de travail entre deux opérations, ces employés devraient être assignés d'abord à l'étape B, puis à l'étape D. La nouvelle cadence de l'étape B devient 6,43 boîtes par heure [(60 ÷ 28) × 3], et la nouvelle cadence de l'étape D devient 8,57 boîtes par heure [(60 ÷ 21) × 3]. Le goulot d'étranglement demeure à l'étape B, mais la cadence du processus est maintenant de 6,43 unités par heure, pour une capacité de 450,1 boîtes par semaine.

4.5 L'objectif d'augmenter la capacité est effectivement atteint : cette dernière passe de 300,3 boîtes par semaine à 450,1 boîtes par semaine, soit une augmentation de 50 %. Notons que ce gain de capacité n'a demandé qu'une augmentation de 25 % de la main-d'œuvre (soit 4 employés de plus que les 16 présents au départ). Ce gain de productivité vient du fait que l'augmentation de la cadence du goulot permet d'augmenter le taux d'utilisation de tous les autres postes de travail (sauf pour le poste D, puisque sa cadence a augmenté dans les mêmes proportions), tel que l'illustre le tableau ci-dessous. Il semble donc s'agir d'une bonne décision.

Opération	A	B	C	D	E	F	G
Taux d'utilisation du ou des postes de travail (avant)	64 %	100 %	50 %	75 %	61 %	50 %	16 %
Taux d'utilisation du ou des postes de travail (après)	96 %	100 %	75 %	75 %	92 %	75 %	24 %

5. Routech inc.

5.1 **Capacité de conception :**

Taux d'utilisation du système = Production réelle ÷ capacité de conception
76 % = 152 000 ÷ capacité de conception
Capacité de conception = 152 000 ÷ 0,76 = 200 000

Capacité réelle :

Taux d'efficacité = Production réelle ÷ capacité réelle
87 % = 152 000 ÷ capacité réelle
Capacité réelle = 152 000 ÷ 0,87 = 174 713

5.2 Le taux d'utilisation du système rend compte à la fois de l'écart entre la capacité de conception et la capacité réelle, et de l'écart entre la capacité réelle et la production réelle. Les deux écarts n'ont pas les mêmes causes, et donc les actions seront différentes. Si l'on cherche à réduire l'écart entre la capacité de conception et la capacité réelle, il faut revoir les politiques et les processus actuels. Par exemple, on pourrait penser à augmenter les tailles de lots; réduire les temps de mise en route; effectuer l'entretien préventif en dehors des heures normales de travail; améliorer le processus et les méthodes actuels pour réduire les pertes de temps ou les défauts de fabrication. Si l'on cherche à réduire l'écart entre la capacité réelle et la production réelle, il faut chercher et éliminer les causes imprévues. Par exemple, on peut réévaluer les fournisseurs et chercher des sources plus fiables, tant en matière de respect des délais qu'en matière de qualité; réduire les bris d'équipement en augmentant l'entretien préventif; enrichir les tâches ou améliorer les conditions de travail pour réduire l'absentéisme; etc.



5.3 On prévoit que dans trois ans, les ventes s'élèveront à 225 000 unités, soit 73 000 unités de plus que l'année prochaine.

Option 1 : l'ajout de deux cellules augmente la capacité de conception de 100 000 unités. Si le taux d'utilisation demeure le même (76 %), ces deux unités permettent d'obtenir une production réelle supplémentaire de 76 000 unités, ce qui suffit à répondre à la demande prévue. L'ajout de deux cellules requiert de l'espace et de l'équipement supplémentaire, de même que du personnel qualifié pour effectuer le travail. Par contre, l'horaire de travail demeure le même; les deux cellules vont simplement s'ajouter aux opérations actuelles.

Option 2 : l'ajout d'un troisième quart de travail augmente la production réelle de 50 %, soit de 76 000 unités, ce qui suffit à répondre à la demande prévue. On n'a pas besoin d'équipement ni d'espace supplémentaire. Par contre, il faut pouvoir trouver du personnel qualifié prêt à travailler la nuit. L'ajout d'un quart de nuit peut aussi demander du personnel de supervision supplémentaire et même des services aux employés de nuit (cafétéria, etc.). De plus, l'équipement actuel sera davantage utilisé et risque de s'user plus rapidement. Enfin, l'ajout d'un troisième quart enlève toute flexibilité en matière de capacité : il n'est plus possible de travailler des heures supplémentaires, à moins que ce soit la fin de semaine.

Il n'y a pas de solution idéale, les deux options présentent des avantages et des inconvénients qu'il faut connaître.

6. La brasserie Dieu du Monde

6.1

Opérations	Unité de référence	TS (en minutes)	TS (par bouteille)	Temps de cycle	Cadence	Taux d'occupation
Stérilisation	Par lot de 1 000 bouteilles	103,50	0,1035	0,1035	579,7101	69,0184 %
Remplissage	Par lot de 100 bouteilles	13,51	0,1351	0,1351	444,1155	90,0907 %
Capsulage	Par lot de 500 bouteilles	74,98	0,1500	0,1500	400,1067	100,0000 %
Emballage	Par lot de 12 caisses	20,99	0,1458	0,1458	411,6246	97,2018 %
Palettisation	Par palette	11,39	0,0148	0,0593	1 011,4135	39,5592 %
Contrôle de la qualité	Par caisse, une caisse contrôlée par palette	6,83	0,0089	0,0356	1 686,6764	23,7216 %

6.2 La cadence du processus est égale à la cadence du goulot, le capsulage. Ce processus peut donc produire 400,1067 bouteilles à l'heure.

400,1067 × 8 heures × 5 jours = 16 004 bouteilles par semaine. Oui, l'entreprise peut amplement répondre à la demande.

6.3 Il s'agit de la capacité réelle. C'est la capacité que l'entreprise devrait être en mesure de produire dans des conditions normales. Elle est basée sur des décisions prises par l'entreprise (processus, heures de travail, etc.)

6.4 Afin d'augmenter la capacité réelle, il faut modifier les éléments prévus et contrôlés tels que le nombre d'employés, le fonctionnement du processus (améliorer la cadence du goulot), réduire les temps de mise en route et d'entretien, modifier les heures de travail, réduire les arrêts prévus et contrôlés, etc.



7. Qu'en pensez-vous?

Votre employé a tort, et il ne comprend pas ce qu'est le temps standard. Quand il dit qu'il fait l'usinage en moins de 4 minutes, il ne considère que le « temps observé », et encore se fie-t-il probablement sur son meilleur temps. Ce n'est peut-être pas le temps qu'il lui faut en moyenne. Aussi, peut-être cet employé est-il plus rapide que les autres. Donc, il ne tient pas compte du jugement d'allure dans son calcul. Lorsqu'elle fixe ses prix, l'entreprise doit considérer le temps qu'il faut pour un employé moyen, de manière à tenir compte du fait que certains sont plus rapides mais que d'autres sont plus lents.

Enfin, votre employé ne tient pas compte de la majoration pour repos et besoins personnels. L'entreprise doit payer ses employés même pendant leurs pauses ou lorsqu'ils vont à la salle de bain ou à la buvette. Elle doit donc tenir compte de ce coût lorsqu'elle fixe ses prix.

Il est donc tout à fait normal que le temps standard utilisé pour la fixation du prix de vente soit plus élevé que le temps qu'un employé en particulier peut prendre pour faire le travail.

Chapitre 10. La gestion de la qualité

Questions de révision

1. Vrai
2. Faux (il peut aussi résulter d'un mauvais choix de procédé ou de méthode, de mauvaises ressources ou d'une mauvaise installation)
3. Faux (pas nécessairement, certains coûts sont souvent sous-estimés, et il a aussi une dimension éthique à considérer)
4. Vrai
5. Vrai
6. Faux (elle n'est pas octroyée par ISO et, surtout, n'indique pas que les produits satisfont les besoins des clients)
7. Vrai
8. Faux (le contrôle peut aussi porter sur les matières premières et les produits en cours)
9. Faux (cette définition concerne le risque du fournisseur)
10. Vrai
11. Faux (le *Cp* permet de savoir si le procédé est en mesure de respecter les tolérances)
12. Faux (c'est l'inverse)
13. Vrai
14. Vrai
15. Faux (un procédé sous contrôle est un procédé qui ne montre aucune variation anormale)
16. Faux (au contraire, en faisant cela, on augmente la dispersion des produits)
17. Faux (la *LSC* et la *LIC* sont calculées à partir de la moyenne des moyennes et de la moyenne des étendues)
18. Vrai
19. Vrai
20. Faux (on peut tout aussi bien les utiliser dans les entreprises de services)



Problèmes résolus

1. Calmolive

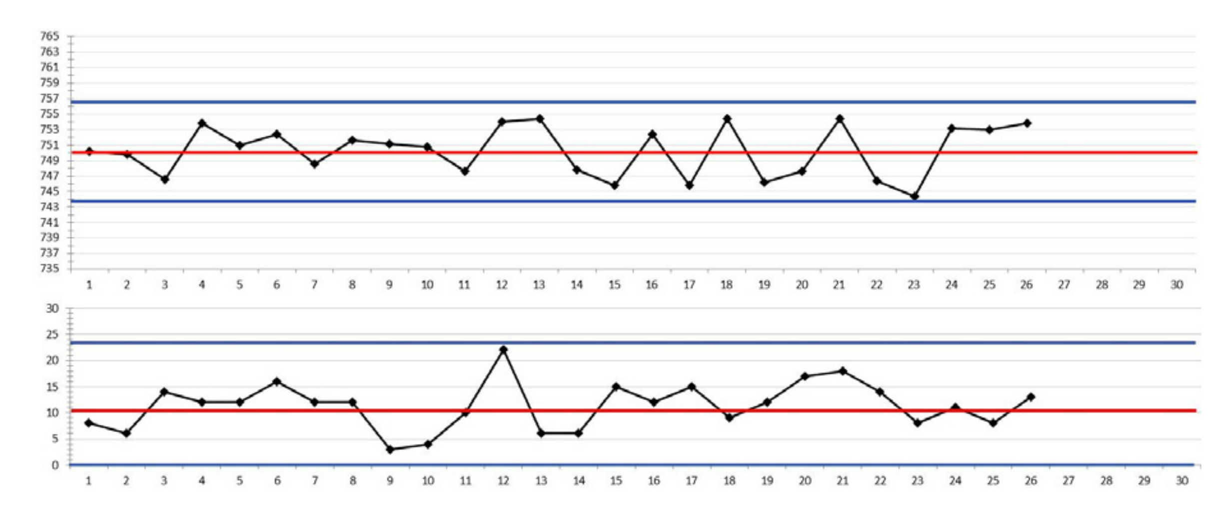
1.1

Échantillons prélevés

jour	12-mai												
heure	07:30	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30
mesures	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	755	746	741	753	752	751	754	751	750	749	748	755	756
2	751	752	752	756	749	750	746	748	752	752	746	766	755
3	748	751	753	761	758	753	751	750	753	750	742	744	756
4	747	749	748	749	746	762	750	760	750	750	752	750	755
5	750	751	739	750	750	746	742	749	751	753	750	755	750
Moyenne ($\bar{X}$)	**750,2**	**749,8**	**746,6**	**753,8**	**751**	**752,4**	**748,6**	**751,6**	**751,2**	**750,8**	**747,6**	**754**	**754,4**
Étendue (R)	**8**	**6**	**14**	**12**	**12**	**16**	**12**	**12**	**3**	**4**	**10**	**22**	**6**

jour	12-mai				13-mai									
heure	14:00	14:30	15:00	07:30	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00
mesures	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	750	751	755	743	755	748	748	755	746	743	758	758	751
2	746	745	758	750	760	743	740	757	748	744	755	750	752
3	751	752	751	741	751	750	744	764	751	749	747	751	763
4	747	744	752	755	751	751	749	746	750	745	755	756	750
5	745	737	746	740	755	739	757	750	737	741	751	750	753
Moyenne ($\bar{X}$)	**747,8**	**745,8**	**752,4**	**745,8**	**754,4**	**746,2**	**747,6**	**754,4**	**746,4**	**744,4**	**753,2**	**753**	**753,8**
Étendue (R)	**6**	**15**	**12**	**15**	**9**	**12**	**17**	**18**	**14**	**8**	**11**	**8**	**13**

1.2 Puisque les limites de contrôle ont déjà été calculées lors de l'établissement de la carte initiale (figure 10.7 du chapitre) et que rien n'indique que le procédé a été modifié, on n'a pas à recalculer les axes centraux et les limites de contrôle, on ne fait que reporter ceux qui ont déjà été calculés.



1.3 Non, le procédé n'est pas sous contrôle. Tous les points sont à l'intérieur des limites de contrôle et il n'y a pas de tendance, mais sur la carte des moyennes, à partir du point nº 12, les points ne sont plus centrés sur la moyenne : il n'y a presque aucun point près de l'axe central (tiers central de la carte). D'ailleurs, sur la carte des étendues, 10 des 15 derniers points sont au-dessus de l'axe central (perte de symétrie). Le volume des bouteilles de détergent est donc plus variable qu'à l'habitude.

2. Haut les bulles inc.

Il faut d'abord calculer les paramètres des deux cartes.

$\bar{\bar{X}}$ = 2,26

$\bar{R}$ = 1,60

n = 5

Pour la carte des moyennes :

LSC = 2,26 + (0,577 × 1,60) = 3,18

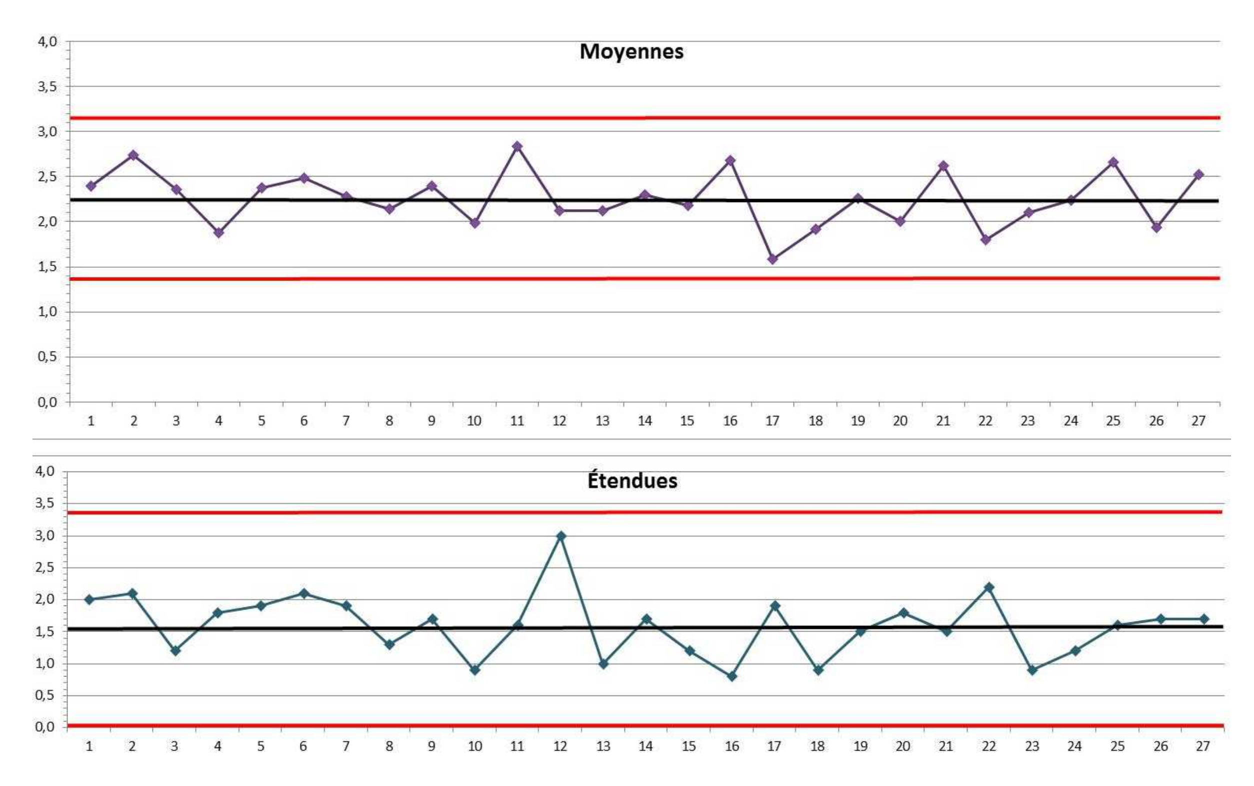
LIC = 2,26 – (0,577 × 1,60) = 1,34

Pour la carte des étendues :

LSC = 2,115 × 1,60 = 3,38

LIC = 0 × 1,60 = 0





Les variations observées semblent normales : tous les points sont à l'intérieur des limites de contrôle, la répartition des points est symétrique autour de la moyenne et centrée sur la moyenne, et il n'y a pas de tendance particulière. Ces conditions sont observées sur les deux cartes. Donc, le procédé était sous contrôle au moment où l'on a prélevé ces données.

3. Sirop Teufteuf

3.1 Il faut calculer l'indice de capacité opérationnelle *Cp* :

$$Cp = \frac{\text{Limite de tolérance supérieure } (LTS) - \text{Limite de tolérance inférieure } (LTI)}{6\,\sigma}$$

La tolérance supérieure est de 85 ml et la tolérance inférieure, de 75 ml. L'intervalle des tolérances est donc de 10 ml.

On peut estimer σ de deux façons, soit en calculant l'écart-type (s_d) de toutes les valeurs individuelles, soit à partir de $\bar{R}$.

Si l'on calcule s_d, on trouve 2,68. *Cp* est alors = 10 ÷ (6 × 2,68) = 0,62.

Si l'on passe par $\bar{R}$, il faut utiliser la formule $\sigma = \bar{R} \div d_2$.

Il faut donc calculer $\bar{R}$ (on trouve 4,9) et chercher d_2 dans l'annexe 2 (à n = 4, on trouve d_2 = 2,059). *Cp* est alors = 10 ÷ [6 × (4,9 ÷ 2,059)] = 0,70.

D'une façon ou de l'autre, *Cp* est de beaucoup inférieur à 1, donc le procédé actuel n'est pas en mesure de respecter les tolérances.



3.2 Carte des moyennes :

$\bar{\bar{X}}$ = 79,53 (axe central de la carte)
$\bar{R}$ = 4,9
à n = 4, A_2 = 0,729
LSC = 79,53 + (0,729 × 4,9) = 83,10
LIC = 79,53 - (0,729 × 4,9) = 75,96

Carte des étendues :

$\bar{R}$ = 4,9 (axe central de la carte)
à n = 4, D_3 = 0 et D_4 = 2,282
LSC = 4,9 × 2,282 = 11,2
LIC = 4,9 × 0 = 0

4. L'entreprise Craquelins +

4.1 Carte des moyennes :

LSC : 19,56 + (0,419 × 2,34) = 20,54
LIC : 19,56 − (0,419 × 2,34) = 18,58

Carte des étendues :

LSC : 1,924 × 2,34 = 4,5
LIC : 0,076 × 2,34 = 0,18

4.2 Le procédé était sous contrôle parce que :

- tous les points étaient à l'intérieur des limites de contrôle
- la répartition des points est symétrique autour de l'axe central
- la plupart des points sont près de l'axe central
- on ne note pas de tendance à la hausse ou à la baisse
- il n'y a pas de cycle particulier

Et ce tant sur la carte des moyennes que sur la carte des étendues.

4.3 Pour savoir si on peut rencontrer les tolérances, il faut calculer l'indice de capacité opérationnelle (Cp).

Cp = (22 − 18)
= 6 × 2,34 / 2,704
= 0,77

Puisque le Cp est inférieur à 1, on peut conclure que le procédé n'a pas la capacité de respecter les tolérances de l'entreprise.



5. Electricom inc.

On sait qu'il est possible de trouver la valeur de Cp à partir de la formule :

$$Cp = \frac{\text{Limite de tolérance supérieure - Limite de tolérance inférieure}}{6 \times \overline{R} / d_2}$$

Si Cp = 1,7, que les tolérances sont de plus ou moins un ampère et que l'on aura des échantillons de sept unités (donc, d_2 = 2,704, selon la table de l'annexe 2), alors

1,7 = 2 / 6 ($\overline{R}$ ÷ 2,704). En isolant, on trouve $\overline{R}$ = 0,53. Ce sera donc à peu près la valeur de l'axe central sur la carte des étendues.

Annexe 1
Table des valeurs de *Z* correspondant à une distribution normale (probabilités cumulées d'un seul côté)

Z	**0,00**	**0,01**	**0,02**	**0,03**	**0,04**	**0,05**	**0,06**	**0,07**	**0,08**	**0,09**
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	**0,7995**	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	**0,8997**	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	**0,9495**	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	**0,9798**	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	**0,9901**	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3,0	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	**0,9990**	0,9990
3,1	0,9990	0,9991	0,9991	0,9991	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9993	0,9993
3,2	0,9993	0,9993	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9995	0,9995	0,9995
3,3	0,9995	0,9995	0,9995	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9997
3,4	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9998

Annexe 2
Coefficients utilisés pour le contrôle statistique des procédés

Taille de chaque échantillon (*n*)	A_2	D_3	D_4	d_2
2	1,880	0,000	3,267	1,128
3	1,023	0,000	2,575	1,693
4	0,729	0,000	2,282	2,059
5	0,577	0,000	2,115	2,326
6	0,483	0,000	2,004	2,534
7	0,419	0,076	1,924	2,704
8	0,373	0,136	1,864	2,847
9	0,337	0,184	1,816	2,970
10	0,308	0,223	1,777	3,078
11	0,285	0,256	1,744	3,173
12	0,266	0,284	1,716	3,258
13	0,249	0,308	1,692	3,336
14	0,235	0,329	1,671	3,407
15	0,223	0,348	1,652	3,472

Bibliographie et lectures suggérées

Arnold, J. R. T., S. N. Chapman et L. M. Clive (2010). *Introduction to Materials Management*, 7e éd., Upper Saddle River, Prentice Hall, 525 p.

Baudin, M. (2002). *Lean Assembly: The Nuts and Bolts of Making Assembly Operations Flow*, New York, Productivity Press, 296 p.

Bozarth, C. C. et R. B. Handfield (2006). *Introduction to Operations and Supply Chain Management*, Upper Saddle River, Pearson/Prentice Hall, 551 p.

Cachon, G. et C. Terwiesch (2006). *Matching Supply with Demand – An Introduction to Operations Management*, New York, McGraw-Hill/Irwin, 434 p.

Chapman, S. N. (2006). *The Fundamentals of Production Planning and Control*, Upper Saddle River, Pearson/Prentice Hall, 272 p.

Chase, C. (2013). *Demand-driven Forecasting: A Structured Approach to Forecasting*, 2e éd., Hoboken, John Wiley & Sons, 384 p.

Chase, R. B., F. R Jacobs et N. J. Aquilano (2006). *Operations Management for Competitive Advantage*, New York, McGraw-Hill/Irwin, 806 p.

Chopra, S. et P. Meindl (2013). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*, 5e éd., Boston, Pearson, 516 p.

Cooper, M. C., M. L. Douglas et J. D. Pagh (1997). « Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics », *The International Journal of Logistics Management*, vol. 8, no 1, p. 1-1.

Coyle, J. J., E. J. Bardi et R. A. Novack (2006). *Transportation*, 6e éd., Mason, Thomson/South-Western, 512 p.

Crouhy, M. et M. Greif (1991). *Gérer simplement les flux de production : du plan directeur au suivi des ateliers : la stratégie du juste-à-temps*, Paris, Éditions du Moniteur, 268 p.

Davis, M. M., J. Balakrishnan et J. N. Heineke (2007). *Fundamentals of Operations Management*, 2e éd., Toronto, McGraw-Hill Ryerson, 596 p.

Deming, W. Edwards et Joyce Nilsson Orsini (2013). *The Essential Deming: Leadership Principles From the Father of Total Quality Management*, New York, McGraw-Hill, 326 p.

Déry, R. (2010). *Les perspectives de management*, Montréal, Éditions JFD, 495 p.

Dominick, C. et S. R. Lunney (2012). *The Procurement Game Plan: Winning Strategies and Techniques for Supply Management Professionals*, Fort Lauderdale, J. Ross, 251 p.

Dougherty, J. R. et C. D. Gray (2006). *Sales and Operations Planning: Best Practices; Lessons Learned from Worldwide Companies*, Victoria, Trafford Publishing, 348 p.

Drezner, Z. et H. W. Hamacher (2004). *Facility Location. Applications and Theory*, New York, Springer, 457 p.

Evans, James Robert et William M. Lindsay (2008). *Managing for Quality and Performance Excellence*, 7e éd., Mason, Thomson/South-Western, 783 p.

Fitzsimmons, J. A., M. J. Fitzsimmons, et S. K Bordoloi (2014). *Service Management – Operations, Strategy, Information Technology*, New York, McGraw-Hill/Irwin, 524 p.

Freivalds, A, et B. W. Niebel (2009). *Niebel's Methods, Standards, and Work Design*, 12e éd., New York, McGraw Hill Higher Education, 722 p.

Gemmel, P., B. van Looy et R. van Dierdonck (2013). *Service Management – An Integrated Approach*, Harlow, Pearson Education, 505 p.

Giard, V. (2002). *Gestion de la production et des flux*, Paris, Economica, 1 229 p.

Goetsch, D. L. et S. B. Davis (2013). *Quality Management for Organizational Excellence: Introduction to Total Quality*, 7e éd., Boston, Pearson, 456 p.

Harvey, J. (2006). *Managing Service Delivery Processes – Linking Strategy to Operations*, Milwaukee, ASQ Press, 352 p.

Heagney, J. (2011). *Fundamentals of Project Management*, 4e éd., New York, AMACOM, 208 p.

Heizer, J. et B. Render (2007). *Operations Management*, 8e éd., Upper Saddle River, Pearson Education, 614 p.

Hoyle, D. (2009). *ISO 9000 Quality Systems Handbook – Updated for the ISO 9001: 2008 Standard: Using the Standards as a Framework for Business Improvement,* 6e éd., Oxford, Butterworth-Heinemann, 824 p.

Hyer, N. L. et U. Wemmerlöv (2002). *Reorganizing the Factory: Competing Through Cellular Manufacturing*, Portland, Productivity Press, 770 p.

Ishikawa, K. (1985). *What is Total Quality Control? The Japanese Way*, Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 215 p.

Jacobs, F. R. et R. B. Chase (2008). *Operations and Supply Management: The Core*, New York, McGraw-Hill/Irwin, 415 p.

Johnson, P. F., M. R. Leenders et A. E. Flynn (2011). *Purchasing and Supply Management*, 14e éd., New York, McGraw-Hill/Irwin, 526 p.

Johnson, T. E., M. Howard et J. Miemczyk (2014). *Purchasing and Supply Chain Management – A Sustainability Perspective*, New York, Routledge, 420 p.

Juran, J. (1980). *Quality Planning and Analysis*, 2e éd., New York, McGraw-Hill, 629 p.

Kanawaty, G. et Bureau international du travail (1996). *Introduction à l'étude du travail*, 3e éd., Genève, Bureau international du travail, 524 p.

Kélada, J. (2000). *Qualité totale : amélioration continue et réingénierie*, Pierrefonds, Éditions Quafec, 474 p.

Krajewski, L., L. Ritzman et M. Malhotra (2007). *Operations Management – Processes and Value Chains*, 8e éd., Upper Saddle River, Pearson Education, 728 p.

Larson, E. et C. Gray (2010). *Project Management – The Managerial Process*, 5e éd., New York, McGraw-Hill/Irwin, 688 p.

Levinson, W. A. (2007). *Beyond the Theory of Constraints: How to Eliminate Variation and Maximize Capacity*, New York, Productivity Press, 155 p.

Liker, J. K. et G. L. Convis (2012). *The Toyota Way to Lean Leadership: Achieving and Sustaining Excellence Through Leadership Development*, New York, McGraw-Hill, 280 p.

Lunn, T. et S. A. Neff (1992). *MRP: Integrating Material Requirements Planning and Modern Business*, Burr Ridge, Irwin Professional, 315 p.

Lynch, C. F. et Council of Logistics Management (É.-U.) (2000). *Logistics Outsourcing: A Management Guide*, Oak Brook, Council of Logistics Management, 319 p.

Mabert, V. A. (2007). « The early road to material requirements planning », *Journal of operations management*, vol. 25, no 2, p. 346-356.

Makridakis Spyros, G., S. C. Wheelwright et Rob J. Hyndman (1998). *Forecasting: Methods and Application*, 3e éd., New York, John Wiley & Sons, 642 p.

Mayer, F. E. et J. R. Stewart (2002). *Motion and Time Study for Lean Manufacturing*, 3e éd., Upper Saddle River, Prentice-Hall, 370 p.

Miltenburg, J. (2005). *Manufacturing Strategy: How to Formulate and Implement a Winning Plan*, Portland, Productivity Press, 435 p.

Montgomery, D. C., C. L. Jennings et M. E. Pfund (2011). *Managing, Controlling, and Improving Quality*, Hoboken, John Wiley & Sons, 501 p.

Moon, M. A. (2013). *Demand and Supply Integration: The Key to World-class Demand Forecasting*, Upper Saddle River, FT Press, 244 p.

Muckstadt, J. A. et A. Sapra (2010). *Principles of Inventory Management : When You are Down to Four, Order More*, New York, Springer, 339 p.

Nollet, J., J. Kélada et M. O. Diorio (1986). *La gestion des opérations et de la production : une approche systémique*, 1re éd., Boucherville, Gaëtan Morin, 895 p.

Nollet, J., J. Kélada, M. O. Diorio, I. Deschamps, C. R. Duguay et R. Handfield (1994). *La gestion des opérations et de la production : une approche systémique*, 2e éd., Boucherville, Gaëtan Morin, 682 p.

Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-scale Production*, Cambridge, Productivity Press, 143 p.

Parker, D. W. (2012). *Service Operations Management – The Total Experience*, Cheltenham, Edward Elgar, 557 p.

Proud, J. F. (2013). *Master Scheduling: A Practical Guide to Competitive Manufacturing*, 3e éd., Hoboken, John Wiley & Sons, 688 p.

Ptak, C. A. (1997). *MRP and Beyond*, New York, McGraw-Hill, 239 p.

Ptak, C. A., C. Smith et J. A. Orlicky (2011). *Orlicky's Material Requirements Planning*, 3e éd., New York, McGraw-Hill, 526 p.

Ramaswamy, R. (1996). *Design and Management of Service Processes*, Reading, Addison-Wesley, 424 p.

Russell, R. S. et B. W. Taylor (2003). *Operations Management*, 2e éd., Upper Saddle River, Pearson Education, 824 p.

Russell, R. S. et B. W. Taylor (2011). *Operations Management: Creating Value Along the Supply Chain,* 7e éd., John Wiley & Sons, 832 p.

Schroeder, R. G. (2004). *Operations Management – Contemporary Concepts and Cases*, 2e éd., New York, McGraw-Hill, 520 p.

Seifert, D. (2003). *Collaborative Planning, Forecasting, and Replenishment: How to Create a Supply Chain Advantage*, New York, Amacom, 375 p.

Shewhart, W. A. (1989). *Les fondements de la maîtrise de la qualité*, Paris, Economica, 190 p.

Silver, E. A., D. F. Pyke et R. Peterson (1998). *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*, 3e éd., New York, John Wiley & Sons, 754 p.

Slack, N. et M. Lewis (2008). *Operations Strategy*, 2e éd., Harlow, Prentice-Hall, 504 p.

Simchi-Levi, D., P. Kaminsky et E. Simchi-Levi (2008). *Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Case Studies*, 3e éd., Boston, Irwin/McGraw-Hill, 498 p.

Sloan, P., W. Legrand et J. S. Chen (2013). *Sustainability in the Hospitality Industry*, 2e éd., New York, Routledge, 371 p.

Sollish, F. et J. Semanik (2012). *The Procurement and Supply Manager's Desk Reference*, 2e éd., Hoboken, John Wiley & Sons, 386 p.

Stadtler, H. et C. Kilger (2008). *Supply Chain Management and Advanced Planning: Concepts, Models, Software and Case Studies*, 4e éd., Berlin, Springer, 556 p.

Stevenson, W. J. et C. Benedetti (2007). *La gestion des opérations : produits et services*, 2e éd., Montréal, Chenelière/McGraw-Hill, 801 p.

Taguchi, G. (1989). *Quality Engineering in Production Systems*, New York, McGraw-Hill, 173 p.

Taylor, F. W. et F. Vatin (1990). *Organisation du travail et économie des entreprises*, Paris, Éditions d'organisation, 203 p.

Vallet, G. (2011). *Techniques de planification de projets : Maîtriser les échéanciers du projet*, Paris, Dunod, 256 p.

Verma, R. et M. E. Pullman (1998). « An analysis of the supplier selection process », *Omega*, vol. 26, no 6, p. 739-750.

Viale, J. D. (1996). *Inventory Management: From Warehouse to Distribution Center*, Menlo Park, Crisp Publications, 121 p.

Vollmann, T. E., W. L. Berry et D. C. Whybark (2005). *Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management*, 5e éd., Boston, McGraw-Hill/Irwin, 712 p.

Ware, N. et D. W. Fogarty (1990). « Master Schedule/Master Production Schedule: The Same or Different? », *Production and Inventory Management Journal*, vol. 31, no 1, p. 34.

Wight, O. W. (1984). *Manufacturing Resource Planning – MRP II: Unlocking America's Productivity Potential*, Essex Junction, Oliver Wight, 518 p.

Wilson, L. (2010). *How to Implement Lean Manufacturing*, New York, McGraw-Hill, 316 p.

Winters, P. R. (1960). « Forecasting Sales by Exponentially Weighted Moving Averages », *Management Science*, vol. 6, no 3, p. 324-342.

Yu-Lee, R. T. (2002). *Essentials of Capacity Management*, New York, John Wiley & Sons, 242 p.

Zermati, P. et F. Mocellin (2005). *La pratique de la gestion des stocks*, 7e éd., Paris, Dunod, 328 p.

Crédits photographiques

Chapitre 1
Page 18 : Coop HEC Montréal.
Pages 17, 20, 23, 24, 25, 30, 32 (gauche et droite), 33, 34, 37, 38 (gauche et droite), 39 (gauche et droite), 41 : Shutterstock

Chapitre 2
Pages 49, 50, 52, 58, 72, 75 : Shutterstock

Chapitre 3
Pages 87, 88, 89, 90, 91 : Shutterstock
Page 104 (haut) : Mark Graban, LeanBlog.org
Page 104 (bas) : Jean-Philippe Racette, Logi-D

Chapitre 4
Pages 125, 133 : Shutterstock
Page 132 (gauche, milieu et droite) : IKEA

Chapitre 5
Pages 157, 186, 201, 211, 224 : Shutterstock
Page 174 : Skate Warehouse

Chapitre 6
Pages 229, 232, 248, 256 : Shutterstock

Chapitre 7
Pages 271, 272, 277, 279, 284, 286, 287, 291, 292, 293 : Shutterstock
Page 282 (gauche) : Pratt & Whitney Canada ©
Page 282 (milieu-gauche) : Bombardier Canada
Page 282 (milieu-droite et droite) : Creative Commons Attribution-Share Alike 2.0 Generic license, © Austrian Airlines Group

Chapitre 8
Pages 295, 296, 301, 304, 313 (gauche et droite), 314 (gauche et droite), 315 (haut-gauche, haut-droite, bas-gauche et bas-droite), 317 (gauche, milieu et droite), 320 (gauche et droite), 321 (haut-gauche, bas gauche, droite), 322, 323 (gauche et droite), 324, 326 (gauche et droite), 328 (haut-gauche, haut-droite et bas-droite), 336 : Shutterstock
Page 300 : © Éditions JFD
Page 306 : PRLog
Page 307 : www.shipulski.com
Page 318 : Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported license, Longshotter
Page 328 (bas-gauche) : Creative Commons Attribution-Share Alike 2.0 Generic license, Danny Haak

Chapitre 9
Pages 341, 357, 359, 371 (droite), 373, 377, 381, 383, 389 : Shutterstock
Page 353 : Skate Warehouse
Page 371 (gauche) : Wiki Commons

Chapitre 10
Pages 395, 397, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 408, 410, 416, 431 : Shutterstock

Solutions
Page 443 : Shutterstock
Haut de page : Shutterstock

Index